

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-214252

(43)Date of publication of application : 05.08.1994

(51)Int.Cl.

G02F 1/135
G02F 1/13
G02F 1/1333
G02F 1/1347
G09G 3/36
H04N 9/12
H04N 9/31

(21)Application number : 05-197065

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 09.08.1993

(72)Inventor : TAKAHARA HIROSHI
OMAE HIDEKI

(30)Priority

Priority number : 04224483
04224484

Priority date : 25.08.1992
25.08.1992

Priority country : JP

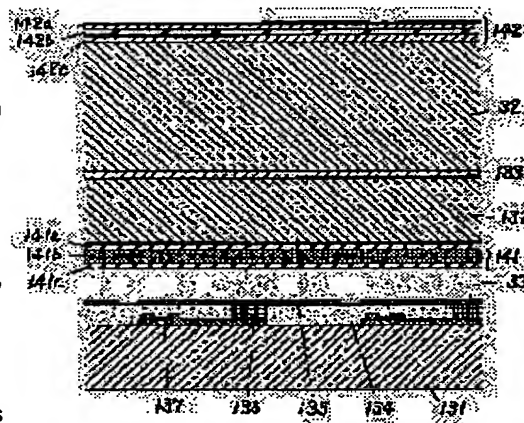
JP

(54) LIGHT VALVE DEVICE AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE CONSTITUTED BY USING THE SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the light valve device which can make display with high brightness and high contrast.

CONSTITUTION: This light valve device is constituted by clamping a light modulation layer 33 with a transparent substrate 132 formed with a counter electrode 141 and a substrate 131 formed with reflection electrodes 135 and coupling a transparent plate 32 via a transparent coupler 133 to the transparent substrate 132 side. The counter electrode 141 is constituted with an antireflection film consisting of an ITO thin film 141b and first and second dielectric substance thin films 141a, 141c formed on both surfaces thereof. The dielectric thin films are formed of materials having 1.6 to 1.8 refractive index. The dielectric thin films are formed to $\lambda/4$ (λ is a main design wavelength) optical film thickness and the ITO thin film 141b is formed to $\lambda/2$ optical film thickness. The respective pixels have the reflection electrodes 135 and orient the liquid crystal on the reflection electrodes 135 by the signals to thin-film transistors 137. A high polymer dispersed liquid crystal is used for the liquid crystal 33. Incident light is made incident from the counter electrode 141 side, is reflected by the reflection electrodes 135 through the liquid crystal layer 33 and is emitted from the counter electrode 141 side.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-214252

(43)公開日 平成6年(1994)8月5日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/135	9119-2K		
	1/13	9017-2K		
	1/1333	9225-2K		
	1/1347	9017-2K		
G 0 9 G	3/36	7319-5G		

審査請求 未請求 請求項の数42 OL (全 35 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-197065

(22)出願日 平成5年(1993)8月9日

(31)優先権主張番号 特願平4-224483

(32)優先日 平4(1992)8月25日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(31)優先権主張番号 特願平4-224484

(32)優先日 平4(1992)8月25日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 高原 博司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 大前 秀樹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

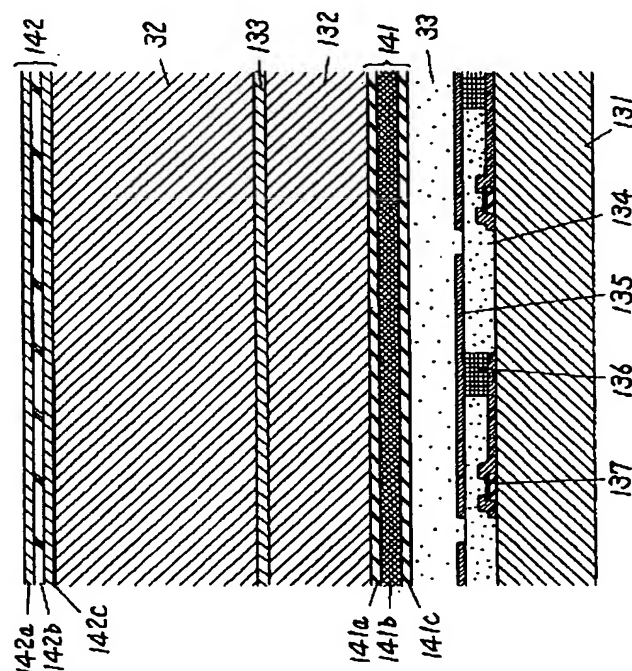
(74)代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 ライトバルブ装置およびそれを用いた投写型表示装置

(57)【要約】

【目的】 高輝度、高コントラスト表示ができるライトバルブ装置を提供する。

【構成】 光変調層33を対向電極141を形成した透明基板132と反射電極135を形成した基板131で挟持し、透明基板132側に透明結合体133を介して透明板32を結合し、ライトバルブ装置を構成する。対向電極141はITO薄膜141bとその両面に形成した第1および第2の誘電体薄膜141a、141cで反射防止膜を構成する。誘電体薄膜は屈折率が1.6～1.8の材料で形成する。誘電体薄膜は光学的膜厚を $\lambda/4$ (λ は設計主波長)に、ITO薄膜141bは光学的膜厚を $\lambda/2$ にする。各画素は反射電極135を有し、薄膜トランジスタ137への信号により反射電極135上の液晶を配向させる。液晶33には高分子分散液晶を用いる。入射光は対向電極141側より入射し、液晶層33を通り反射電極135で反射されて対向電極141側より出射する。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の光反射防止手段を有する第1の基板と、光反射手段を有する第2の基板と、前記第1の光反射防止手段と前記光反射手段との間に挟持された、光散乱状態の変化として光学像を形成する光変調手段とを具備し、前記第1の基板の中心厚を t 、屈折率を n 、前光変調手段の有効表示領域の最大径を d として、次式の関係を満足することを特徴とするライトバルブ装置。

【数1】

$$t \geq \frac{d}{4} \sqrt{n^2 - 1}$$

【請求項2】第1の光反射防止手段が形成された光透過性を有する第1の基板と、光反射手段を有する第2の基板と、光透過性を有する第3の基板と、前記第1の基板および第3の基板とを光学的に結合させる光学的結合手段と、前記第1の光反射防止手段と前記光反射手段との間に挟持された、光散乱状態の変化として光学像を形成する光変調手段とを具備し、前記第3の基板の有効表示領域以外の部分と前記第1の基板の有効表示領域以外の部分のうち少なくとも一方の部分に第1の光吸収手段が形成されていることを特徴とするライトバルブ装置。

【請求項3】第1の光反射防止手段が形成された光透過性を有する第1の基板と、光反射手段を有する第2の基板と、光透過性を有する第3の基板および第4の基板と、前記第1の基板と第3の基板、および前記第2の基板と第4の基板とを光学的に結合させる光学的結合手段と、前記第1の光反射防止手段と前記光反射手段との間に挟持された、光散乱状態の変化として光学像を形成する光変調手段とを具備し、前記第3の基板の有効表示領域以外の部分と前記第4の基板の有効表示領域以外の部分のうち少なくとも一方の部分に光吸収手段が形成されていることを特徴とするライトバルブ装置。

【請求項4】第2の基板において、光反射手段が形成された反対面に第2の光吸収手段が形成されていることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項5】光変調手段は高分子分散液晶であることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項6】第1の光反射防止手段は、第1の誘電体薄膜と、前記光変調手段に電界を印加するためのITO薄膜と、第2の誘電体薄膜とが順次積層された構成であり、前記第1および第2の誘電体薄膜の屈折率は1.6以上1.8以下であり、かつ前記誘電体薄膜の光学的膜厚が $\lambda/4$ (λ は光の設計主波長)であり、かつ前記ITO薄膜の光学的膜厚が $\lambda/2$ であることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項7】第1の光反射防止手段は、第1の基板上に誘電体薄膜と、前記光変調手段に電界を印加するためのITO薄膜とが順次積層された構成であり、前記誘電体薄膜の屈折率が1.5以上1.7以下であり、かつ前記

誘電体薄膜の光学的膜厚が $\lambda/4$ (λ は設計主波長)であり、かつ前記ITO薄膜の光学的膜厚が $\lambda/2$ であることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項8】第1の光反射防止手段はITO薄膜で形成され、かつ前記薄膜の光学的膜厚が $\lambda/2$ (λ は設計主波長)であることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項9】高分子分散液晶の膜厚は $5\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項5記載のライトバルブ装置。

【請求項10】高分子分散液晶の水滴状液晶の平均粒子径もしくはポリマーネットワークの平均孔径が $0.5\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項5記載のライトバルブ装置。

【請求項11】第1および第2の誘電体薄膜は三酸化二アルミニウム (Al_2O_3)、三酸化ニットリウム (Y_2O_3)、一酸化シリコン (SiO)、三酸化タングステン (WO_3)、三弗化セリウム (CeF_3)、二弗化鉛 (PbF_2)、酸化マグネシウム (MgO) のいずれかの薄膜であることを特徴とする請求項6記載のライトバルブ装置。

【請求項12】誘電体薄膜は、三酸化二アルミニウム (Al_2O_3)、一酸化シリコン (SiO)、三酸化タングスラン (WO_3)、三弗化セリウム (CeF_3)、三弗化ランタン (LaF_3)、三弗化ネオジウム (NdF_3) のいずれかの薄膜であることを特徴とする請求項7記載のライトバルブ装置。

【請求項13】誘電体薄膜の屈折率を n_1 、ITO薄膜の屈折率を n_2 、電圧無印加状態での光変調手段の屈折率を n_3 としたとき、 $n_2 > n_1 > n_3$ なる関係があることを特徴とする請求項6記載のライトバルブ装置。

【請求項14】第1の基板の屈折率と第2の基板の屈折率のうち少なくとも一方の屈折率と、電圧無印加状態での光変調手段の屈折率との差が0.15以内であることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項15】ITO薄膜の屈折率は1.9以下であることを特徴とする請求項8記載のライトバルブ装置。

【請求項16】第1の光反射防止手段は第1の基板側から順次、第1の透明誘電体薄膜層と、ITO薄膜と、第2の透明誘電体薄膜層が順次積層されて構成されており、前記第1の透明誘電体薄膜層または前記第2の透明誘電体薄膜層は、屈折率が1.3以上1.7以下の低屈折率膜と、屈折率が1.7以上2.3以下の高屈折率膜を交互に積層した多層膜で構成され、他方は屈折率が1.6以上1.8以下かつ光学的膜厚が $\lambda/4$ の単層膜であり、低屈折率膜は二弗化マグネシウム (MgF_2)、二酸化シリコン (SiO_2)、三酸化アルミニウム (Al_2O_3)、三弗化セリウム (CeF_3)、一酸化シリコン (SiO) のいずれかであり、高屈折率膜は三

(3)

3

酸化ニトリウム (Y_2O_3)、二酸化ジルコニウム (ZrO_2)、二酸化ハフニウム (HfO_2)、五酸化ニタンタル (Ta_2O_5)、二酸化セリウム (CeO_2)、二酸化チタン (TiO_2)、硫化亜鉛 (ZnS) のいずれかであり、単一膜層は三酸化二アルミニウム (Al_2O_3)、一酸化シリコン (SiO)、三酸化ニトリウム (Y_2O_3)、酸化マグネシウム (MgO)、二弗化鉛 (PbF_2)、三酸化タングステン (WO_3) のいずれかを用いていることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項17】第1の光反射防止手段は第1の基板側から、第1の透明誘電体薄膜層と、ITO薄膜層と、第2の透明誘電体薄膜層が順次積層されて構成されており、前記第1の薄膜層と前記第2の薄膜層は屈折率が1.3以上1.7以下の低屈折率膜と、屈折率が1.7以上2.3以下の高屈折率膜を交互に積層した多層構成であり、低屈折率膜は二弗化マグネシウム (MgF_2)、二酸化シリコン (SiO_2)、三酸化二アルミニウム (Al_2O_3)、三弗化セリウム (CeF_3)、一酸化シリコン (SiO) のいずれかであり、高屈折率膜は三酸化ニトリウム (Y_2O_3)、二酸化ジルコニウム (ZrO_2)、二酸化ハフニウム (HfO_2)、五酸化ニタンタル (Ta_2O_5)、二酸化セリウム (CeO_2)、二酸化チタン (TiO_2)、硫化亜鉛 (ZnS) のいずれかを用いていることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項18】第3の基板と空気と接する面に、透明誘電体多層膜で構成される第2の光反射防止手段が形成されていることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項19】光反射手段はマトリックス状に配置された複数の反射電極から構成されていることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項20】反射電極は金属薄膜で形成されていることを特徴とする請求項19記載のライトバルブ装置。

【請求項21】第1の反射電極と、前記反射電極に隣接した第2の反射電極間に、光変調手段の比誘電率よりも小さい物質で薄膜が形成されていることを特徴とする請求項19記載のライトバルブ装置。

【請求項22】第3の基板が空気と接する面から光変調手段までの距離を t 、第3の基板の屈折率を n 、前記光変調手段の有効表示領域の最大径を d としたとき、

【数2】

$$t \geq \frac{d}{4} \sqrt{n^2 - 1}$$

なる関係を満足することを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項23】第3の基板は平凹レンズであり、前記レンズの平面と第1の基板とが光学的結合手段で光学的に結合されていることを特徴とする請求項2記載のライト

4

バルブ装置。

【請求項24】光学的結合手段は、光硬化型接着剤、熱硬化型接着剤もしくはシリコン樹脂であることを特徴とする請求項2記載のライトバルブ装置。

【請求項25】第1の光反射防止手段を有する第1の基板と、光反射手段を有する第2の基板と、光透過性を有する第3の基板と、前記第1の基板と第3の基板とを光学的に結合させる光学的結合手段と、前記第1の光反射防止手段と前記光反射手段との間に挟持された、光散乱状態の変化として光学像を形成する光変調手段とを具備し、前記第1の基板の有効表示領域以外の部分と第3の基板の有効表示領域以外の部分のうち少なくとも一方の部分に光吸収手段が形成されたライトバルブ装置と、

1つの光源と、

前記光源からの光を前記ライトバルブ装置に導く光学手段と、

前記ライトバルブで変調された光を投映する投写手段を具備することを特徴とする投写型表示装置。

【請求項26】第1の光反射防止手段が形成された光透過性を有する第1の基板と、光反射手段を有する第2の基板と、光透過性を有する第3の基板および第4の基板と、前記第1の基板と第3の基板および前記第2の基板および第4の基板とを光学的に結合させる光学的結合手段と、前記第1の光反射防止手段と前記光反射手段との間に挟持された、光散乱状態の変化として光学像を形成する光変調手段とを具備し、前記第3の基板の有効表示領域以外の部分と第4の基板の有効表示領域以外の部分のうち少なくとも一方の部分に光吸収手段が形成されていることを特徴とするライトバルブ装置と、

1つの光源と、

前記光源からの光を前記ライトバルブに導く光学手段と、

前記ライトバルブで変調された光を投映する投写手段を具備することを特徴とする投写型表示装置。

【請求項27】第1の光反射防止手段を有する第1の基板と、光反射手段を有する第2の基板と、光透過性を有する第3の基板と、前記第1の基板と第3の基板とを光学的に結合させる光学的結合手段と、前記第1の光反射防止手段と前記光反射手段との間に挟持された、光散乱状態の変化として光学像を形成する光変調手段とを具備し、前記第1の基板の有効表示領域以外の部分と前記第3の基板の有効表示領域以外の部分のうち少なくとも一方の部分に光吸収手段が形成されたライトバルブ装置と、

1つの光源と、

前記光源からの光を赤色光と青色光と緑色光の3原色の光路に分離する機能と、3原色の光路を1つの光路に合成する機能を有する色分離合成光学手段と、

前記ライトバルブ装置で変調された光を投映する投写手段とを具備し、

(4)

5

前記3原色の光路に前記ライトバルブ装置が配置されていることを特徴とする投写型表示装置。

【請求項28】ライトバルブ装置の第1の光反射防止手段は、誘電体薄膜とITO薄膜が積層された構成であることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項29】ライトバルブ装置の第1の光反射防止手段は、第1の誘電体薄膜と、光変調手段に電界を印加するためのITO薄膜と、第2の誘電体薄膜とが順次積層された構成であり、前記誘電体薄膜の屈折率を n_1 、ITO薄膜の屈折率を n_2 、電界無印加状態での光変調手段の屈折率を n_3 としたとき、 $n_2 > n_1 > n_3$ なる関係があり、前記第1および第2の誘電体薄膜の屈折率は1.6以上1.8以下であり、かつ前記誘電体薄膜の光学的膜厚が $\lambda/4$ （以下、 λ は設計主波長）であり、かつ前記ITO薄膜の光学的膜厚が $\lambda/2$ であることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項30】ライトバルブ装置の第2の基板において、光反射手段が形成された面の逆の面に第2の光吸収手段が形成されていることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項31】ライトバルブ装置の第3の基板の空気と接する有効表示領域に透明誘電体多層膜からなる第2の光反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項32】ライトバルブ装置の光変調手段は高分子分散液晶であることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項33】ライトバルブ装置の光反射手段はマトリックス状に配置された複数の反射電極から構成され、第2の基板上で、かつ前記反射電極の下層に前記反射電極に信号を印加するスイッチング素子が形成されていることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項34】ライトバルブ装置のITO薄膜の光学的膜厚が、光変調手段で変調する光の波長に対応して形成されていることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項35】第3の基板が空気と接する面から光変調手段までの距離を t 、第3の基板の屈折率を n 、前記光変調手段の有効表示領域の最大径を d としたとき、

【数3】

$$t \geq \frac{d}{4} \sqrt{n^2 - 1}$$

なる関係を満足することを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項36】第3の基板は平凹レンズであり、前記レンズの平面と第1の基板とが光学的結合手段で光学的に結合されていることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項37】光学的結合手段は、光硬化型接着剤、熱

6

硬化型接着剤もしくはシリコン樹脂であることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項38】赤色光、青色光および緑色光の3原色の光路の分離は2つの色分離素子を用いて行われ、前記色分離素子で分離した複数の光路のうち少なくとも一光路に、光の帯域を制限する光フィルタが配置されていることを特徴とする請求項24記載の投写型表示装置。

【請求項39】色分離素子はダイクロイックミラーであることを特徴とする請求項38記載の投写型表示装置。

10 【請求項40】光フィルタは光の主光線軸に対し、傾いて配置されていることを特徴とする請求項38記載の投写型表示装置。

【請求項41】投写手段は複数のレンズより構成され、前記レンズ間にミラーが配置され、前記ミラーに光源からの出射光が集光され、ライトバルブ装置に導かれていることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

【請求項42】光源はメタルハライドランプと凹面鏡を具備していることを特徴とする請求項27記載の投写型表示装置。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、入射光を変調し画像を表示するライトバルブ装置および、前記装置の表示画像を拡大投映する投写型表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶パネルを用いた表示装置は、小型軽量化が可能であることから研究開発が盛んである。近年では液晶の旋光特性を画像表示に応用したツイストネマティック（TN）液晶パネルを用いたポケットテレビ型の表示装置が実用化されている。また、前記TN液晶パネルをライトバルブ装置として用いる投写型表示装置（以後、液晶投写型テレビと呼ぶ）も実用化されている。液晶パネルは大画面サイズを作製することが困難である。前記液晶投写型テレビは小型の液晶パネルをライトバルブ装置として用い、液晶パネルの表示画像を拡大して投映する。したがって、大画面の表示を行なうことができる。

【0003】TN液晶パネルを用いたライトバルブ装置（以後、TNライトバルブと呼ぶ）は、光の変調のために、パネルの入射側と出射側に偏光板が必要である。入射側の偏光板の光透過率は約40%、出射側の偏光板の透過率は80%である。したがって、2枚の偏光板の透過率は80%×40%であり約30%強となり、TNライトバルブは光利用率が悪い。

【0004】また、TNライトバルブの光利用率を低下させる原因に、画素の開口率がある。画素はITOで形成される画素電極と、前記画素電極に信号を印加する薄膜トランジスタ（以後、TFTと呼ぶ）等のスイッチング素子、および前記スイッチング素子への信号を伝達する信号線からなる。画素開口率は画素電極の面積を一面

50

(5)

7

素の面積で割ったものである。画素サイズが小さくなると、画素に占めるTFTおよび信号線の面積割合が大きくなり、画素開口率は低下する。一例として、有効表示領域の対角長が約3インチで画素数が35万画素の場合、開口率は30%強である。なお、本明細書では画素表示に使用される面積あるいは領域を有効表示領域と呼び、それ以外を無効面と呼ぶ。

【0005】ライトバルブを用いてハイビジョンテレビを構成しようとする、一つのライトバルブに形成しなければならない画素数は100万画素以上となる。有効表示領域の対角長はテレビのシステムサイズに大きく影響するから、あまり大きくできない。また、価格は高くなる。したがって、システムサイズを小さくすれば画素の開口率は低下する。推定値として有効表示領域の対角長が3インチで130万画素を形成した場合、画素開口率は10%という推定値がある。

【0006】TNライトバルブは偏光板を用いる為、光利用率が悪い。さらに開口率が10%になれば液晶投写型テレビを構成した場合、スクリーン輝度は著しく低く、実用レベルに達しない。そこで、開口率を画素数に左右されず高くする方法として、反射型のTNライトバルブを用いる方法が提案されている。たとえば、Proceedings of the 9th International Display Research Conference, October 16-18, 1989, P584-P587およびP256-P259。

【0007】前述の資料に示されるTNライトバルブはガラス基板上にTFTを形成し、前記TFT上に金属薄膜で反射電極を形成している。液晶はツイストネマティック液晶を用いている。

【0008】ここで、P偏光とS偏光とを定義する。光が入射する面の法線と、光の進行軸を含む平面上で、振動する光のことをP偏光と呼ぶ。光が入射する面の法線と、光の進行軸を含む平面と、垂直な平面で振動する光をS偏光と呼ぶ。偏光ビームスプリッター（以後、PBSと呼ぶ）は入射光をP偏光とS偏光に分離する機能を有する。通常、P偏光はPBSを真っ直ぐに通過し、前記PBSでS偏光は90度方向を曲げられる。

【0009】前述の資料のTNライトバルブを用いて液晶投写型テレビを構成する場合は、メタルハライドランプ等からの光をPBSでP偏光とS偏光に分離して用いる。P偏光の出射面にTNライトバルブが配置される。TNライトバルブは液晶層に電圧が印加されていない時、P偏光をS偏光に変換して出射する。液晶層に電圧が印加されている場合は、P偏光はそのままの偏光状態を保ち反射電極で反射して出射する。各々の反射電極に印加する電圧を変化させればP偏光をS偏光に変換する割合を変化できる。

【0010】前述のTNライトバルブおよび液晶投写型テレビは、反射型であるから、有効表示領域に形成する画素数が多くなっても画素開口率が低下することがな

8

い。しかし、光変調を行なうにはPBSを用いる必要がある。PBSは偏光板を用いる場合と同様にPかSの一方の偏光しか用いることができない。したがって、光利用率が低いことは偏光板を用いる液晶投写型テレビと同様である。また、PBSは高価であり、P偏光とS偏光への分離割合も比較的低いことも課題となる。また、TN液晶を所定の状態に配向させる必要があるため配向膜が必要であり、配向不良が生じやすい点も課題である。

【0011】偏光板を用いず光変調を行なうライトバルブ装置として、光散乱状態の変化として光学像を形成するものがある。例えば、熱書き込みモード、動的散乱モード、高分子分散液晶、強誘電性液晶を利用するものがある。また、PLZTも光散乱状態の変化として光学像を形成できることが知られている。光散乱状態の変化を利用するライトバルブ装置は、TN液晶のように光の変調に偏光板が不要であるために光出力を大きくできると期待でき、また、配向膜のラビング処理が不要であるため製造が比較的容易である。

【0012】高分子分散液晶を光変調層として用いたライトバルブ装置（以後、PDライトバルブと呼ぶ）は比較的動作速度も速く、液晶投写型テレビのライトバルブとして有用である。高分子分散液晶を用いた液晶投写型テレビの一例として、米国特許第4613207号明細書がある。この明細書には高分子分散液晶パネルをライトバルブとして用い、このパネルで変調された光を拡大投写する液晶投写型テレビが開示されている。また、そのFig. 17には反射型の液晶パネルを用いる液晶投写型テレビも開示されている。しかし、前記明細書には高分子分散液晶パネルをライトバルブとして用いる液晶投写型テレビを開示されているだけである。高品位の画素表示、たとえばコントラストを100以上得る方法あるいは構成の記載はない。

【0013】PDライトバルブの基本構成と動作のモデルを（図23（a））、（23（b））に示す。対向基板132とアレイ基板131の間に高分子分散液晶33が挟持されている。2つの基板132、131の内側の面にはそれぞれ対向電極138、反射電極135が設けられている。高分子分散液晶33は水滴状液晶232がポリマー233中に分散した構造となっている。水滴状液晶232中の液晶分子の常光線屈折率 n_0 とポリマー233の屈折率 n_p とはほぼ等しくしている。高分子分散液晶33に電圧を印加しない場合、（図23（a））に示すように、液晶分子はランダムな方向に向く。液晶層に垂直に入射する光線231に対して水滴状液晶232とポリマー233との境界面で屈折率差を生じるので光線231は屈折率差を有する境界面で屈折を繰り返して、散乱光となって出射する。高分子分散液晶層33に十分な電圧を印加すると、（図23（b））に示すように、液晶分子は対向基板132に垂直な方向に向く。また、入射光線231に対して水滴状液晶232、ポリマ

9

一233の屈折率が等しくなるため、入射光231は散乱されることなく直進し、反射電極135で反射されて再び対向電極側138より出射する。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】TN液晶を用いたライトバルブ装置は光変調に偏光板を用いる必要がある。したがって、光利用率が悪く、高輝度表示を実現できない。画素開口率の課題はライトバルブ装置を反射型にすることにより解決できるが、PBSを用いる必要があり、システムサイズが大きくなり、また価格が高くなるという課題が発生する。また、TN液晶は配向制御がむづかしいという課題もある。

【0015】PDライトバルブ装置は、偏向板を用いず、また、配向制御も必要でないという利点がある。しかし、表示コントラストが低いという課題がある。

【0016】光散乱状態の変化として形成されたライトバルブ装置上の光学像を輝度の変化に変換するには、ライトバルブ装置の出射側の内、一定の立体角の光だけを取り出すと、その立体角に入る光量が光散乱状態により変化することを利用する。この方法には、中心遮蔽型とアパーチャ型の2種類がある。中心遮蔽型は透明状態の場合に光が遮蔽されスクリーン上に到達しないようにする方法であり、ライトバルブ装置が光散乱状態の場合に遮蔽板に遮光されない光がスクリーン上に到達する。アパーチャ型は指向性の中心方向に進む光を利用するもので、散乱度が大きくなると液晶パネルの画素から投写レンズに入射する光量が低下する。中心遮蔽型はコントラストは有利であるが、構成が複雑であり、投写画像が暗いという問題がある。アパーチャ型は構成が簡単であり、明るい投写画像を得ることができるが、中心遮蔽型に比較して、また、ライトバルブ装置としてTN液晶パネルを用いたものと比較して、投写画像のコントラストが良くないという問題があった。この問題を解決する方法として、投写レンズの集光する立体角を小さくすることが考えられるが、これは投写画像の明るさの低下を招くので、投写画像が明るいという特徴が薄れてしまう。

【0017】従来の透過型のライトバルブ装置では対向電極上にブラックマトリックスを形成し、TFに光が照射されることを防止していたが、高分子分散液晶など液晶層中で光が散乱する方式では無意味である。それは、ブラックマトリックスが形成されていても、液晶層中で光が散乱し、光がTFに照射されてしまうためである。散乱光がTFに照射されないようにするためには、相当、ブラックマトリックスの形成面積を大きくしなければならない。しかし、これは開口率低下をひきおこす。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明は、光散乱状態の変化として光学像を形成するライトバルブ装置と、前記ライトバルブを用い、コントラストを改善し、かつ超高

(6)

10

輝度表示を実現できる液晶投写型テレビを提供することを目的とする。

【0019】本発明のライトバルブ装置は、光散乱状態の変化として光学像を形成する光変調層と、前記光変調層を挟持する反射電極基板および対向電極基板と、透明板と透明結合体とを備え、前記透明板と前記対向電極基板との間は前記透明結合体により光学的に結合され、かつ、前記対向電極基板上で光変調層と相対する面に対向電極となるITO薄膜を用いた反射防止膜が形成されている。さらに、前記透明板の空気と接する面から光変調層までの距離を t 、屈折率を n 、前記光変調層の有効表示領域の最大径を d としたとき、次の条件を満足するようにしたものである。

【0020】

【数4】

$$t \geq \frac{d}{4} \sqrt{n^2 - 1}$$

【0021】また、対向電極基板または透明板の光変調層から遠い面を凹面とし、凹面に近接して正レンズを配置することにより画質均一性が良好となる。

【0022】なお、好ましくは反射電極基板にも透明板を光学的に接続する。このように構成することにより、反射電極基板内で乱反射する光を防止できる。また、反射電極基板の裏面に光吸収膜を形成しても、同様に乱反射する光を防止できる。

【0023】前記反射防止膜は対向電極基板に形成するITO薄膜と対向電極基板の間に、屈折率が1.50以上1.70以下の屈折率を有する誘電体で薄膜を形成する。前記薄膜の光学的膜厚は $\lambda/4$ である。 λ は液晶パネルが変調する光の設計主波長、つまり中心波長である。また、ITO薄膜は光学的膜厚の $\lambda/2$ にする。ガラス基板上に誘電体薄膜を $\lambda/4$ 、次に対向電極としてのITO薄膜を $\lambda/2$ 積層する。このように薄膜を積層して光の干渉効果を利用することにより広帯域の波長領域においてガラス基板とITO薄膜の境界面およびITO薄膜と液晶層の境界面に生ずる反射を極めて少なくすることができる。

【0024】好ましくは、対向電極基板に形成するITO薄膜の前後に、対向電極基板を形成するガラスの屈折率と、対向電極にするITO薄膜の屈折率の間の、屈折率の誘電体薄膜を形成する。前記薄膜の光学的膜厚は $\lambda/4$ である。 λ は液晶パネルが変調する設計主波長、つまり中心波長である。また、ITO薄膜は光学的膜厚を $\lambda/2$ にする。つまり、ガラス基板上に誘電体薄膜を $\lambda/4$ 、次に対向電極としてのITO薄膜を $\lambda/2$ 、次に再び誘電体薄膜を $\lambda/4$ 積層する。好ましくは誘電体薄膜の屈折率は1.6以上1.8以下にする。このように薄膜を積層して光の干渉効果を利用することにより広帯域の波長領域においてガラス基板とITO薄膜の境界

11

面、およびITO薄膜と液晶層の境界面に生ずる反射を、前述の2層構成の反射防止膜よりも反射防止膜を大きくすることができる。

【0025】第1の発明および第2の発明の表示パネルにおいて、誘電体薄膜の屈折率を n_1 、ITO薄膜の屈折率を n_2 、電圧無印加状態での高分子分散液晶または光変調層の屈折率を n_3 としたとき、 $n_2 > n_1 > n_3$ なる関係となるようにする。

【0026】なお、さらに好ましくは、誘電体薄膜をさらに多層に形成することにより、反射防止効果を向上させることができる。

【0027】また、本発明のライトバルブ装置の透明板が空気と接する面には3層の薄膜からなるマルチコート反射防止膜もしくは2層の薄膜からなるVコート反射防止膜をほどこし空気との屈折率差による反射光を防止する。このようにして、空気と液晶層間の反射光を防止する。

【0028】本発明の液晶投写型テレビは、本発明のライトバルブ装置を用いて構成したものである。メタルハライドランプあるいはクセノンランプなどの光発生源と前記光発生源が放射する光をライトバルブ装置に導くレンズ等の光学系および、ライトバルブ装置で変調された光を投射するレンズ系を具備している。

【0029】カラー表示画像を得るためには、R光、G光およびB光を変調する3枚の本発明の表示パネルを用いて構成する。その際、各ライトバルブ装置では反射光が生じないように変調する光の中心波長に応じて誘電体薄膜、ITO薄膜の膜厚を変化させる。また、空気とガラス基板との接触面にも光の中心波長に応じてはVコートによる反射防止膜を形成している。

【0030】

【作用】液晶投写型テレビでカラー表示を得る場合、3枚の反射型のライトバルブ装置で光を変調する。各ライトバルブ装置で変調する光の波長帯域の幅は100～50nmである。したがって特定波長を中心として狭い帯域内での不要な界面反射光を極力低減すればよい。これは、反射防止膜で全可視光の帯域にわたり反射光を防止するのと比較して容易である。また、反射防止膜を蒸着する際も特定波長の反射率をモニタしながら蒸着し、所定値となった時に停止すればよいから膜厚制御はいたって容易である。従って境界面で生ずる反射が極めて少ない基板を容易に得ることができる。

【0031】TNライトバルブは液晶層に配向膜を形成する必要がある。前記配向膜の膜厚は10Å程度の精度で膜厚制御を行いつつ形成することはできない。したがって、本発明のPDライトバルブのようにITO薄膜の片面に形成して、光学的干渉効果により反射防止機能を有するようにすることはできない。逆にいえば、ITO薄膜の前後に Al_2O_3 などの無機薄膜を形成し、反射防止機能をもたせても、配向膜の形成により反射防止機能

(7)

12

が低下もしくは反射防止膜としての機能はなくなる。

【0032】本発明のPDライトバルブは配向膜の形成の必要がない。したがって、対向電極となるITO薄膜を用いてその前後に無機材料からなる誘電体薄膜を形成すれば良好な反射防止膜を形成できる。

【0033】液晶投写型テレビでは先にも記述したように各ライトバルブが分担する光の帯域は狭い。したがって変調する光の帯域ごとに反射防止膜を形成すれば極めて良好な反射防止膜を得ることができる。

10 【0034】PDライトバルブを用いれば、偏光板が不要となり、TNライトバルブの2倍以上の高輝度表示を得られる。本発明のライトバルブは高分子分散液晶を用い、その材料、構成等を最適にして良好な散乱性能を得ている。また配向膜が不要であるから、ライトバルブ作製工程も簡素化される。

【0035】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明のライトバルブ装置について説明をする。

20 【0036】(図3)に本発明のライトバルブ装置のモデル図を示す。2枚の透明基板31、32の間に高分子分散液晶33が挟持されているものとし、入射側透明基板31の厚さは表示領域の大きさに比べて十分大きいとする。液晶層33に電圧を印加しないで、表示領域内の点Aを中心とする微小領域34だけに入射側から細い平行光35を照射する場合について考える。

【0037】平行光による液晶層33の入射面における照度を E_0 、出射角(液晶層33の法線方向となす角)を θ_0 、前方散乱光の θ_0 方向の輝度を B_0 とする。 B_0 は、

30 【0038】

【数5】

$$B_0(\theta_0) = \frac{1}{\pi} G_F(\theta_0) E_0$$

【0039】と表すことができる。この G_F を θ_0 方向の前方散乱ゲインと呼ぶことにする。微小領域34の面積を S とすると、発光部の θ_0 方向の光度 $I_0(\theta_0)$ は、次のように表せる。

【0040】

40 【数6】

$$I_0(\theta_0) = B_0(\theta_0) S \cos \theta_0$$

【0041】点Aから θ_0 方向に出射した光線37は出射側透明基板32の出射面36上の点Bで透過光線38と反射光線39に分かれる。出射側透明基板32の屈折率を n 、透過光線38の出射角を θ_1 とすると、スネルの法則から、

【0042】

【数7】

$$\sin \theta_1 = n \cdot \sin \theta_0$$

50 【0043】の関係が成り立つ。液晶層33からの前方

(8)

13
散乱光が自然光であるとする、出射面36における反射率 $R(\theta_0)$ は次のように表せる。

$$R(\theta_0) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\theta_0 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_0 + \theta_1)} + \frac{\tan^2(\theta_0 - \theta_1)}{\tan^2(\theta_0 + \theta_1)} \right] & (0 \leq \theta_0 \leq \theta_{OT}) \\ 1 & (\theta_{OT} \leq \theta_0 \leq \pi/2) \end{cases}$$

【0045】ただし、 θ_{OT} は全反射の臨界角であり、

【0046】

【数9】

$$\theta_{OT} = \sin^{-1} \frac{1}{n}$$

【0047】と表せる。全反射した光はすべて液晶層33に戻る。点Bで反射した光線39の液晶層33への入射点をCとする。反射光線39による点Cにおける法線照度を $E(\theta_0)$ 、出射側透明基板32の厚さを t とすると、反射光線39の点Cにおける入射角が θ_0 であり、点Aから点Cまでの光路長が $2t/\cos\theta_0$ であるから、反射光線39による点Cにおける照度 $E(\theta_0)$ は次のようになる。

【0048】

【数10】

$$E(\theta) = \frac{I \cos \theta_0 R(\theta_0)}{(2t/\cos \theta_0)^2}$$

$$B(\theta_2) = \frac{G_F(\theta_0) G_R(\theta_2, \theta_0) R(\theta_0) E_0 S \cos^4 \theta_0}{4\pi^2 t^2}$$

【0054】点Aから点Cまでの距離は、次のように表せる。

【0055】

【数13】

$$r = 2t \tan \theta_0$$

【0056】(数12)と(数13)により、再出射光の輝度分布を求めることができる。次に、(数12)を単純化し、その意味を考える。高分子分散液晶パネルに表示される画像のコントラストを良好にするには、電圧無印加の場合に完全拡散に近いことが必要である。液晶層33で前方と後方に光が完全拡散すると仮定すると、 $G_F(\theta_0) = 1/2$ 、 $G_R(\theta_2, \theta_0) = 1/2$ であるから、(数12)は次のようになる。

【0057】

【数14】

$$B(\theta_2) = \frac{R(\theta_0) E_0 S \cos^4 \theta_0}{16\pi^2 t^2}$$

【0058】(数14)より $B(\theta_2)$ は θ_0 の関数であるから、液晶層33からの再出射光の輝度分布は細い入射平行光を中心として回転対称となる。(数13)と

14

*【0044】

*【数8】

$$\frac{\tan^2(\theta_0 - \theta_1)}{\tan^2(\theta_0 + \theta_1)} \quad (0 \leq \theta_0 \leq \theta_{OT})$$

【0049】反射光線39が液晶層33に入射すると、後方散乱により液晶層33から再び散乱光40が前方に出射する。これは、液晶層33に2次光源が形成されることに相当する。点Cからの再出射光の θ_2 方向の輝度 $B(\theta_2)$ は、次のように表せる。

【0050】

【数11】

$$B(\theta_2) = G_R(\theta_2, \theta_0) \frac{E}{\pi}$$

【0051】ただし、 $G_R(\theta_2, \theta_0)$ は、 θ_0 方向から入射して θ_2 方向に出射する光の後方散乱ゲインと呼ぶことにする。

【0052】(数5)、(数6)、(数10)、(数11)をまとめて整理すると、次のようになる。

【0053】

【数12】

【0054】(数14)により $B(\theta_2)$ と r の関係が求まるので、その結果を(図4)に示す。(図4)から、再出射光の輝度分布は極大値を有することがわかる。極大値を与える θ_0 は θ_{OT} とほぼ等しい。従って、再出射光の輝度分布はリング状となり、リングの半径 r_R は、

【0059】

【数15】

$$r_R = 2t \tan \theta_{OT}$$

【0060】となる。(数9)を利用すると、(数15)は次のように変形できる。

【0061】

【数16】

$$r_R \geq \frac{2t}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

【0062】ある画素からでた散乱光が本来黒表示となすべき画素にも他の画素に入射すると、そこに拡散反射による2次光源が形成されるので、本来黒表示となすべき画素の輝度が高くなってしまふ。

【0063】以上から、PDライトバルブを用いた液晶

15

投写型テレビの投写画像のコントラストが良くないという問題点は、高分子分散液晶の電圧無印加時のゲインが低くなることも原因の1つであるが、上記メカニズムが原因となっていることがわかる。

【0064】以下に、本発明の作用について説明する。

(数14)より、出射側透明基板32の厚さ t が厚くなるほど、再出射光の輝度 $B(\theta_2)$ は小さくなることがわかる。従って、出射側透明基板32の厚さを厚くすれば、表示画像のコントラストが向上するわけである。これが本発明のコントラスト向上に関する第一の作用である。

【0065】(図5)に示すように、液晶層の有効表示領域51の最大径を与える2点をP、Qとし、点Pを中心とする微小領域52だけに平行光を照射する場合を考える。点Pから出て出射面36で反射する光により、液晶層33上に再出射光によるリング53が現れる。このとき、有効表示領域51全体で再出射光の輝度を抑制するには、点Qがリング53の内側に存在する必要がある。つまり、点Pから点Qまでの長さを d として、

【0066】

【数17】

$$r_R \geq d$$

【0067】の関係が成り立つ必要がある。(数9)、(数15)、(数16)から θ_{OT} と r_R を消去すると、

【0068】

【数18】

$$t \geq \frac{d}{2} \sqrt{n^2 - 1}$$

【0069】となる。(数17)の条件が満足されれば、有効表示領域51の全体で不要光による輝度上層は抑制されコントラストが向上する。このリング53の直径を大きくすることが、本発明のコントラスト向上に関する第2の作用である。なお、本発明者らは種々の実験を繰り返し、有効表示領域51の最大径がリング53の直径より小さければ、つまり、

【0070】

【数19】

$$2r_R \geq d$$

【0071】であれば、実用上十分なコントラスト向上の効果が得られることを確認している。この場合、(数9)、(数15)、(数19)から θ_{OT} と r_R を消去すると、

【0072】

【数20】

$$t \geq \frac{d}{4} \sqrt{n^2 - 1}$$

【0073】となる。従って、出射側透明基板32の厚さ t は、(数20)を満足するように選ぶとよい。

(9)

16

【0074】なお、 t が(数20)を満足した時、急にコントラスト向上効果が得られるのではなく、 t の値が大きくなるにつれ、コントラストが向上していき、

(数20)を満足すれば、それ以上、 t を大きくしても、ほとんどコントラスト向上効果は得られない。したがって、コントラスト向上効果が最大値を得る必要のない場合は、(数20)を満足する必要はない。一例として、実験によれば、(数20)を満足する t の値が1/2でも、80%程度のコントラスト向上効果が得られる。

10

【0075】次に、出射側透明基板の出射側面が凹面の場合について説明する。出射側透明基板32の材質と中心厚を同一として、出射面36だけを凹面に変え、(図6)に示すように、液晶層33に電圧を印加しないで表示領域内の点Aを中心とする微小領域34だけに入射側から細い平行光35を照射する。液晶層33上の点Aから出て凹面36上の点Bで反射し液晶層33上の点Cに入射する光線を考えて、出射面36が平面から凹面に変わることに伴い、点Cで見る微小領域34の虚像から点Cまでの距離が長くなり、また、点Bで反射して点Cに入射する光線の入射角が大きくなるから、(数14)から考えて点Cからの再出射光の輝度が低下する。また、点Aから点Cまでの距離が長くなるから、リングの直径は大きくなる。従って、出射側透明基板32の出射面36を平面から凹面に変えることにより、再出射光の輝度を低減することができ、表示画像のコントラストを向上させることができる。このことは、透明基板の出射面が凹面の場合、出射面が平面の場合と比較して、中心厚が薄くてもコントラスト向上の効果が大きいことを意味する。

20

30

【0076】次に、無効面で光が反射されると、その光は液晶層33に戻り黒表示部の輝度上昇を招く。この問題は、(図7(a))および(図7(b))に示すように、透明基板32の無効面55に光吸収膜71を施し、不要光を吸収するようにすれば解決できる。さらに、透明基板32の出射面36の有効領域に反射防止膜56を付ければ、小さな角度で液晶層33から出射する光の出射面36における反射率が減少するので、黒表示部の輝度上昇を低減できる。

40

【0077】前述の説明は、透過型のライトバルブ装置を例にあげて説明をした。反射型のライトバルブ装置の場合も同様に考えることができる。その場合は、入射光線35は出射側透明基板32より入射すると考えればよい。

【0078】また、本発明のライトバルブ装置は対向電極にするITO薄膜を用いて反射防止膜を形成している。反射型のパネルでは光変調層33に入射せず反射する光は不要反射となり、表示コントラストを低下させる。ITO薄膜は対向基板との屈折率差が大きく、10%弱の入射光を反射してしまう。したがって、対策をほ

50

17

どこさない時のコントラストは最高でも10強しかならない。本発明では対向電極のITO薄膜を用いて反射防止膜を形成することにより極めて低い反射率を達成しているため十分なコントラストを実現できる。特に3枚の液晶パネルを用いてカラー表示を行う場合は、それぞれのライトバルブの光変調層33に入射する光の帯域が狭いため、低反射率を容易に実現できる。

【0079】(図13)は本発明のライトバルブ装置の断面図である。なお、以下の各図面はモデル的に描いており、物理的な膜厚あるいは形状とは一致しない。また、説明に不要な箇所は省略している。

【0080】アレイ基板131上には、A1からなる反射電極135および前記電極に印加する信号を制御するためのTF137等が形成されており、TF137の一端と反射電極135とはコンタクト部136により接続されている。また、コンタクト136部以外の部分は絶縁膜134により分離されている。絶縁膜134の材料としてはポリイミド等の有機材料、 SiO_2 、 SiN_x 等の無機材料が用いられる。反射電極135は鏡面性を良好にするため反射電極135をパターンニング後、研磨工程にて表面の平滑化処理を行っている。

【0081】対向基板132はガラス基板であり、光変調層である液晶層33と接する面には反射防止膜をかねた対向電極138が形成されている。また、対向電極138と反射電極135間にはビーズ(図示せず)等により所定間隔あけて保持され、前記間隔には光変調を行う高分子分散液晶が挟持されている。また、対向基板132と透明基板32とは光学結合がとられて接続されている。

【0082】対向基板132は厚さ1mmのガラス基板であり、屈折率は1.52である。透明基板32と対向基板を加えた厚みtはライトバルブ層33の有効表示領域の最大径をd、透明基板32の屈折率をnとしたとき(数20)の関係を満足するようにする。

【0083】また、透明基板32の側面には(図7)と同様に光吸収膜としての黒色塗料71が塗布されている。好ましくは、対向基板132および光学結合剤133の側面にも黒色塗料71を塗布する。

【0084】光変調層を構成する高分子分散液晶33の液晶材料としてはネマティック液晶、スメクティック液晶、コレステリック液晶が好ましく、単一もしくは2種類以上の液晶性化合物や液晶性化合物以外の物質も含んだ混合物であってもよい。なお、先に述べた液晶材料のうち異常光屈折率 n_e と常光屈折率 n_o の差の比較的大きいシアノビフェニル系のネマティック液晶が好ましい。もしくは耐光性、耐熱性が良好なフッ素系のネマティック液晶が好ましい。

【0085】高分子マトリックス材料としては透明なポリマーが好ましく、ポリマーとしては、熱可塑性樹脂、

(10)

18

熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂のいずれであっても良いが、製造工程の容易さ、液晶相との分離等の点より紫外線硬化タイプの樹脂を用いるのが好ましい。具体的な例として紫外線硬化性アクリル系樹脂が例示され、特に紫外線照射によって重合硬化するアクリルモノマー、アクリルオリゴマーを含有するものが好ましい。

【0086】このような高分子形成モノマーとしては、2-エチルヘキシルアクリレート、2-ヒドロキシエチルアクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート、ヘキサジオールジアクリレート、ジエチレングリコールジアクリレート、トリプロピレングリコールジアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、トリメチロールプロパンジアクリレート、ペンタエリスリトールアクリレート等々である。

【0087】オリゴマーもしくはプレポリマーとしては、ポリエステルアクリレート、エポキシアクリレート、ポリウレタンアクリレート等が挙げられる。

【0088】また重合を速やかに行なう為に重合開始剤を用いても良く、この例として、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(メルク社製「ダロキュア1173」)、1-(4-イソプロピルフェニル)-2-ヒドロキシ-2-メチルプロパン-1-オン(メルク社製「ダロキュア1116」)、1-ビドロキシシクロヘキシルフェニルケトン(チバガイギー社製「イルガキュア184」)、ベンジルメチルケタール(チバガイギー社製「イルガキュア651」)等が掲げられる。その他に任意成分として連鎖移動剤、光増感剤、染料、架橋剤等を適宜併用することができる。

【0089】なお、樹脂材料が硬化した時の屈折率 n_p と、液晶の常光屈折率 n_o とは略一致するようにする。液晶層に電界が印加された時に液晶分子が一方向に配向し、液晶層の屈折率が n_o となる。したがって、樹脂の屈折率 n_p と一致し、液晶層は光透過状態となる。屈折率 n_p と n_o との差異が大きいと液晶層に電圧を印加しても完全に液晶層が透明状態とならず、表示輝度は低下する。

【0090】高分子分散液晶層中の液晶材料の割合はここで規定していないが、一般には20重量%~90重量%程度がよく、好ましくは50重量%~85重量%程度がよい。20重量%以下であると液晶滴の量が少なく、散乱の効果が乏しい。また90重量%以上となると高分子と液晶が上下2層に相分離する傾向が強まり、界面の割合は小さくなり散乱特性は低下する。高分子分散液晶層の構造は液晶の比率によって変わり、だいたい50重量%以下では液晶滴は独立したドロップレット状として存在し、50重量%以上となると高分子と液晶が互に入り組んだ連続層となる。

【0091】液晶33の膜厚は5~25 μm の範囲が好ましく、さらには8~15 μm の範囲が好ましい。膜厚が薄いと散乱特性が悪くコントラストがとれず、逆に厚

(11)

19

いと高電圧駆動を行わなければならない、ドライブIC設計等が困難となる。

【0092】139は空気との透明基板32との間の反射を防止するための反射防止膜である。反射防止膜139として比較的広い可視光の波長帯域で反射率を低減させるマルチコート方式、特定の波長帯域で反射率を低減させるVコート方式がある。液晶投写型テレビに用いるライトバルブ装置の場合はVコート方式を採用する。これは液晶投写型テレビで用いるライトバルブ装置はR、G、B光のそれぞれの波長の光を変調する3枚のライトバルブ装置を用いるためである。つまり、各ライトバルブ装置がうけつ波長帯域は狭い。狭い光の帯域で極力反射光を防止するにはVコートが適する。したがって、R、G、B光のそれぞれの光を変調するライトバルブ装置はそれぞれに入射光の中心波長に対応して最適なVコートを施すことが好ましい。ただし、ライトバルブ装置が白色光を変調する場合はマルチコート方式を採用する。(図13)はVコート方式の反射防止膜139を、(図14)はマルチコート方式の反射防止膜142を施した構成を示している。

【0093】マルチコート方式では Al_2O_3 を光学的膜厚が $\lambda/4$ 、 ZrO_2 を光学的膜厚が $\lambda/2$ 、 MgF_2 を光学的膜厚が $\lambda/4$ の3層の薄膜を蒸着して形成する。Vコート方式の場合は、(図13)に示すように、 Y_2O_3 139aを光学的膜厚が $\lambda/4$ 、 MgF_2 139bを光学的膜厚が $\lambda/4$ の2層の薄膜を蒸着して形成する。なお、 Y_2O_3 のかわりに SiO を用いてもよいが SiO は青色光で吸収帯域があるため、B光を変調するライトバルブ装置の反射防止膜139としては Y_2O_3 を用いる方がよい。なお、 Y_2O_3 の屈折率は1.78から1.87程度の値のものが作製できる。一般的には、 Y_2O_3 の方が安定で良好な膜質が得られるため、 Y_2O_3 の方が好ましい。(図25)の実線はVコートの分光反射率を、点線はマルチコートの分光反射率を示す。

【0094】対向基板132の片面には、対向電極と反射防止膜が形成される。正確には対向電極とするITO *

$$R = \frac{r_1^2 + r_2^2 + 2r_1r_2 \cos \varepsilon}{1 + r_1^2 r_2^2 + 2r_1r_2 \cos \varepsilon} \times 100$$

$$\text{ただし、} r_1 = \frac{n_c - n_A}{n_c + n_A} \quad , \quad r_2 = \frac{n_B - n_C}{n_B + n_C} \quad , \quad \varepsilon = \frac{4\pi n_C d}{\lambda}$$

【0102】対向電極となる透明導電性薄膜としてITO薄膜を用いた場合、この屈折率を2.0とし、ガラス基板の屈折率を1.52、液晶層の屈折率を1.6とすると、反射率は薄膜の膜厚によって、ある特定の波長では最大約6%にもなる。ITO薄膜が $d = 75 \text{ nm}$ で形成された時の分光反射率を(図24)に示す。

【0103】したがって、上記のような液晶パネルを用

20

* 薄膜の前後に薄膜を形成して反射防止膜が形成される。以後、この反射防止構造の対向電極を反射防止電極と呼ぶ。

【0095】本発明のライトバルブ装置は反射防止電極上にブラックマトリックスが形成されていない。ブラックマトリックスが形成されていると、製造時、アレイ基板131と対向電極基板132間に液晶と樹脂が混合された溶液を注入し、紫外線を照射して、液晶と樹脂を相分離させる際にブラックマトリックスの下層の溶液が未重合となるためである。未重合状態は光変調層33の物質的安定性を欠く結果となり、性能劣化をひきおこす。また、ブラックマトリックスは画素開口率を低下させる。その上、反射方式のライトバルブ装置ではブラックマトリックスで入射光が反射し、スクリーン上に白いマトリックスが表示されコントラスト低下をひきおこす。

【0096】従来の、反射型のライトバルブ構成では空気と対向電極基板の界面、対向電極となるITO薄膜と前記基板の界面、前記ITO薄膜と液晶層の界面でそれぞれ生ずる反射光がコントラストを低下させる。

【0097】異なる2つの屈折率 n_A 、 n_B の境界面で生ずる反射率R(%)は(数21)で求められる。

【0098】

【数21】

$$R = \left[\frac{n_A - n_B}{n_A + n_B} \right]^2 \times 100$$

【0099】対向電極基板をガラスで形成した場合、通常、ガラス基板の屈折率を1.52、空気の屈折率を1.0とすると、ガラス基板と空気との境界面で生じる反射率は約4%となる。

【0100】また、2つの屈折率 n_A 、 n_B の間に屈折率 n_C 、膜厚 d の薄膜が形成されている場合、波長 λ での反射率R(%)は次式で求められる。

【0101】

【数22】

いて反射型構成とした場合、最大約10%の光が液晶層に入射せず反射されてしまう。反射光は表示コントラストの低下させる。

【0104】対向電極にすぐれた反射防止機能を有するように構成するには、対向電極となるITO薄膜の一面もしくは両面に形成する誘電体薄膜の光学的膜厚が重要となる。

50

(12)

21

【0105】TN液晶は配向膜を形成する必要がある。前記配向膜の膜厚は10Å程度の精度で膜厚制御を行いつつ形成することはできない。したがって、ITOの片面に配向膜を形成して、配向膜とITO薄膜で干渉させて、反射防止機能を有するように作用させることはできない。逆にいえば、ITO薄膜にAl₂O₃などの誘電体薄膜を形成し、反射防止機能をもたせても、配向膜の形成により反射防止機能が低下もしくは反射防止の機能は消滅する。

【0106】高分子分散液晶は配向膜の形成の必要がない。したがって、対向電極となるITOを用いてその前後に無機材料からなる誘電体薄膜を形成すれば光学的干渉効果により、良好な反射防止膜を形成できる。

【0107】対向電極となるITO薄膜の前後の境界面でおこる反射を低減するには、特定の条件を満たした屈折率、および膜厚を有する透明誘電体薄膜とITO薄膜から構成される、少なくとも2層の多層膜を形成すれば良い。2層構成の場合、反射率を最も低くするための条件は次式のようになる。

【0108】

【数23】

$$n_1^2 = n_g n_{LC}$$

【0109】

【数24】

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 / 2 = \lambda / 4$$

【0110】または、

【0111】

【数25】

$$\left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 = \frac{n_{LC}}{n_g}$$

【0112】

【数26】

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 = \lambda / 4$$

22

【0113】 n_g はガラス基板の屈折率、 n_{LC} は液晶層の屈折率、 n_1 はガラス基板とITO薄膜との間に形成する薄膜の屈折率、 n_2 はITO薄膜の屈折率、 d_1 はガラス基板とITO薄膜との間に形成する薄膜の膜厚、 d_2 はITO薄膜の膜厚、 λ は設計主波長である。なお、ガラス基板とITO薄膜との間に形成する薄膜は、液晶層とITO薄膜との間に形成してもよい。ここで、膜厚 d_1 ($i=1, 2$) は物理的膜厚、 $n_1 d_1$ は光学的膜厚を意味する。

10 【0114】以上の条件式はいずれも波長 λ における無反射条件であるが、広い波長帯域で反射を低減させる場合は、(数25)、(数26)の条件よりも(数23)、(数24)の条件を満たす場合の方が望ましい。さらに、ITO薄膜は十分に低い抵抗値を得るため、少なくとも物理的膜厚として100nm以上が望ましい。この点からも、ITO薄膜の光学的膜厚 $n_2 d_2$ の条件が $\lambda/2$ となる(数23)、(数24)の条件が好ましい。

20 【0115】(図13)に示した反射防止電極138は、以上の条件式に基づいて構成したものである。対向電極基板132の屈折率より高く、対向電極となるITO薄膜138bの屈折率より低い屈折率を有する誘電体薄膜138aと、対向電極となるITO薄膜138bとの2層構成であり、ITO薄膜138bの光学的膜厚が $\lambda/2$ 、誘電体薄膜138aの光学的膜厚が $\lambda/4$ である。また、前記誘電体薄膜の屈折率は、電圧無印加状態の液晶層33の屈折率よりも高くする。以上のことは、他の本発明のライトバルブ装置の共通事項である。

30 【0116】具体的な構成の一実施例を(表1)に、また、その分光反射率を(図26)の実線に示す。(図26)からわかるように、(表1)の構成によると波長帯域幅100nm以上にわたり反射率0.3%以下の特性を実現でき、大幅に反射光を低減できる。

【0117】

【表1】

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
Al ₂ O ₃	1.62	130.0	80.2
ITO	2.00	260.0	130.0
液晶	1.60	—	—

【0118】高分子分散液晶33の電圧無印加状態での屈折率 n_x は、理論的には次式で示される。

【0119】

【数27】

$$n_x = (n_e + 2n_o) / 3$$

【0120】 n_o は液晶の常光屈折率、 n_e は異常光屈折率である。シアノビフェニール系の液晶の場合、 n_o は
50 約1.50、 n_e は約1.75のものがある。 n_e と n_o

(13)

23

の屈折率差 Δn が大きいほど散乱特性は向上する。フッ素系の液晶は n_e および Δn とも小さく、あまり高い散乱特性は得られない。しかし、耐熱性、耐光性が良好であり比較的、液晶の比誘電率も低い。したがって、シアノビフェニール系の液晶よりもフッ素系の液晶は電圧が印加されやすい。ゆえに、膜厚あたりの散乱特性は低い、液晶の膜厚を厚くすることにより、良好な散乱特性が得られる。

【0121】先のシアノビフェニール系の n_o と n_e を(数27)に代入すると $n_x \approx 1.6$ 程度となる。実際の光変調層33はポリマーと液晶の混合層である。ポリマーの屈折率 n_p は n_o と略一致させる場合が多いから、高分子分散液晶の電圧無印加状態での屈折率 n_x はポリマーの屈折率により1.6よりもさらに小さくなる。

【0122】本明細書での表中あるいは文章中に示す液晶の屈折率は1.6としている。これは先の説明でも明 *

24

* らかなように実現上で最も高い屈折率であり、実際はそれよりも小さい。分光反射率は、ガラス基板の屈折率と液晶層の屈折率が一致した時、最も小さい値となる。液晶層の屈折率は1.6を大幅にこえることはなく、実際は1.6より小さく、ガラス基板の屈折率に近い。

【0123】薄膜138aの屈折率は1.50以上1.70以下が望ましく、さらに好ましくは1.6以上1.7以下が望ましい。(表1)の実施例では Al_2O_3 を用いたが、他に CeF_3 、 SiO 、 WO_3 、 LaF_3 、 NdF_3 のいずれかを用いても良い。

【0124】(表2)に Al_2O_3 を SiO に変化させた例を示す。また、(図26)の点線で SiO を用いた場合の分光反射率を示す。

【0125】

【表2】

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
SiO	1.70	130.0	76.5
ITO	2.00	260.0	130.0
液晶	1.60	—	—

【0126】 SiO を用いれば、400nmから700nmの波長帯域にわたり分光反射率1%以下を実現できる。液晶投写型テレビではR光、G光およびB光を変調する3枚のライトバルブを用いる。(図26)の実線で示す分光反射率特性(Al_2O_3)ではG光近傍の反射率は極めて小さいが、B光およびR光では反射率が高くなる。したがって、R、GおよびB光に対応して反射防止電極138aを形成する必要があり、1台の液晶投写型テレビで3種類のライトバルブ装置を用いなければならない。(図26)の点線で示す分光反射率特性(SiO)ではR光、G光、およびB光全域にわたり反射率が ※

※ 1%以下であるので一種類のパネルで共用できる可能性が高い。

【0127】ITO薄膜138bの屈折率は低いほど反射率は小さくなる。(表3)はITO薄膜138bの屈折率を1.8に作製した場合であり、(図28)はその分光反射率である。実線は誘電体薄膜138aに SiO を、点線は Al_2O_3 を用いた場合を示す。可視光全域にわたり反射率0.5%以下を実現している。

【0128】

【表3】

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
Al_2O_3	1.62	130.0	80.2
ITO	1.80	260.0	144.4
液晶	1.60	—	—

【0129】(図28)に示すようにITO薄膜138bの屈折率は低い方がよい。ITOの屈折率は蒸着条件等により1.8から2.0程度のものが作製できる。

【0130】本発明で重要なことは対向電極とするITO薄膜138bを用いて反射防止膜138を形成したことにある。当然のことながらITO薄膜138bは電圧

(14)

25

を印加できるように構成もしくは形成する。なお、ITO薄膜138bは、酸化インジウム、酸化スズなどの膜でもよい。その場合も光学的干渉効果により、反射率を低減させる光学的薄膜で誘電体薄膜138bを積層すれば良い。

【0131】TFT137上には絶縁膜134を介して反射電極135が形成されている。反射電極135とTFT137とは接続端子136で電氣的に接続されている。絶縁膜134の材料としてはポリイミド等を代表とする有機材料あるいは SiO_2 、 SiNx などの無機材料が用いられる。反射電極135は表面をアルミニウム(A1)の薄膜で形成される。クロム(Cr)等を用いて形成してもよいが、反射率がA1より低く、また硬質のため反射電極135周辺部がカケるなど課題が生じやすい。

【0132】反射電極135の接続端子136部は、 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ の落ちくぼみができるが、高分子分散液晶33は配向などの処理が不要なため、当然、TN液晶のように凹凸により配向不良が生じない。開口率は画素サイズが $100 \mu\text{m}$ 角の場合80%以上、 $50 \mu\text{m}$ 角の場合でも70%以上の開口率が得られる。ただし、TFT上の反射電極135はTFTのパターンが転写され凹凸が生じ多少反射効率は低下する。前記凹凸をなくするためには反射電極135の表面を研磨すればよい。研磨により反射電極135は平滑化され反射率は90%以上を達成できる。

【0133】ソース信号線およびゲート信号線も図示していないがアレイ基板131の上に形成されている。前記信号線およびTFT137上は反射電極135が被覆する構造となるため、信号線およびTFT上の液晶配向

26

*動作による画像ノイズが発生しない。

【0134】反射電極135間には低誘電体膜140を形成すればさらに好ましい。前記低誘電体膜とは光変調層33の比誘電率よりも低い比誘電率からなる膜である。TFT137および信号線(図示せず)上に反射電極135を形成し、信号線からの電界が光変調層33に影響を与えるのを防止している。しかし、反射電極間にはシールドする膜がないため電界がもれる。低誘電体膜40を形成すれば、低誘電体膜で電圧降下が生じ、光変調層33に前記電界が影響を与えるのを防止できる。

【0135】低誘電体膜40は SiO_2 などの無機材料あるいはポリイミドなどの有機材料を用いて形成する。これらの材料の比誘電率は5以下のものが多い。光変調層33を構成材料の液晶の比誘電率は15~30である。したがって、比誘電率が5以下であれば充分比誘電率は低いとみなせる。

【0136】(図13)の構成ではピーク波長を中心として前後50nmの範囲で、ITO薄膜138bに関係する光の反射率をほぼ0.2%以内にすることができ。しかし、反射率が多少大きくても許容できる時は薄膜138aを形成する必要がない。つまりITO薄膜138bの一層の構成である。ただし、ITO薄膜138bの光学膜厚は $\lambda/2$ である。これは(表4)および(表5)で示され、また、その分光反射率は(図30)で示される。(図30)において、実線はITO薄膜の屈折率が2.0の時、点線はITO薄膜の屈折率が1.8の時である。

【0137】

【表4】

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
ITO	2.00	260.0	130.0
液晶	1.60	—	—

【0138】

※40※【表5】

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
ITO	1.80	260.0	144.4
液晶	1.60	—	—

【0139】主波長が520nm付近ではきわめて低い 50 反射率を示す。液晶投写型テレビ等のように1つのライ

トバルブが変調する光の帯域が狭い場合は採用が実用上可能である。液晶投写型テレビがカラー画像を表示する場合は、R、G、B用の3種類のライトバルブを作製する。

【0140】ITO薄膜138bの屈折率が1.8となれば可視光の範囲で反射率1%以下を実現できることがわかる。

【0141】以上のように、誘電体薄膜138aを形成せず、ITO薄膜138bの光学的膜厚を $\lambda/2$ にした表示パネル構成でも、主波長近傍で極めて低い反射率を実現できる。

【0142】32は透明基板であり、対向電極基板132と光学的結合体133で光学的結合されている。光学的結合体の材料としては紫外線硬化型接着剤が例示される。前記接着剤は対向電極基板132を構成するガラスの屈折率に近いものが多く、この用途に十分である。また、紫外線硬化型接着剤だけに限定されるものではなく、透明シリコーン樹脂なども用いることができる。他にエポキシ系透明接着剤、エチレングリコール等の液体等も用いることができる。留意すべき点是对向電極基板132に透明基板32を接着する際、光学的結合体133内に空気が混入しないようにすることである。空気層があると屈折率差により画質異常を生じる。なお、透明基板32と対向電極基板132を光学的に結合させることをオプティカルカップリングと呼ぶ。

【0143】透明基板32は対向電極基板132と同一材質のガラス基板を用いることが好ましい。他にアクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂等の透明樹脂なども用いる事ができる。これらにガラスの屈折率に近いものが得られ、比較的安価であり、また、プレス加工等により任意の形状を容易に形成できる。

【0144】透明基板32の側面つまり無効面には黒色塗料等を用いて光吸収膜71が形成されている。前記光吸収膜71は側面に限定されるものではなく、光の入射面以外の無効面にできるだけ広い領域にわたり形成することが好ましい。

【0145】透明基板32の空気に接する面から光変調層33までの距離 t は透明基板の屈折率 n 、光変調パネルの有効表示領域の最大径を d として、次式を満足するようにする。

【0146】

【数28】

$$t \geq \frac{d}{4} \sqrt{n^2 - 1}$$

【0147】(図13)では透明基板32は円柱あるいは板上として説明したが、(図7(b))で示すように平凹レンズとしてもよい。また、前記平凹レンズに正レンズを組み合わせた構成も考えられる。ライトバルブ装置の構成は、数々の変形が考えられる。その例を(図

8)に示す。なお、(図8)において、81は封止樹脂である。

【0148】(図8(a))は透明基板32を対向基板として構成した例である。透明基板32の片面には反射防止電極138が形成される。(図8(a))の構成をとることにより、透明基板32と対向電極基板132との接着工程等が不要になり、不要界面反射光をひきおこす割合も少なくなる。

【0149】(図8(b))のライトバルブ装置は高分子分散液晶パネル15、平凹レンズ形状にした透明基板32、透明結合体133で構成される。平凹レンズ32の光入射面には反射防止膜139が形成され、平凹レンズ32の側面には黒色塗料からなる光吸収膜71が形成されている。平凹レンズ32はアクリル樹脂を用い、成型加工により作製している。成型加工は金型があれば、同一のレンズを作製できるので、量産性がよい。前記ライトバルブ装置を用いて投写型表示装置を構成する場合は、平凹レンズ等を組み合わせた状態で、液晶層33上の光学像がスクリーン上で結像するようにすればよい。以上のことは以下のライトバルブ装置についても同様である。

【0150】(図8(c))のライトバルブ装置は、液晶パネル15、平凹レンズ32、両凸レンズ83および透明結合体133で構成されている。平凹レンズ32には両凸レンズ83が近接して配置されている。両凸レンズ83の一方の凸面の曲率半径は、平凹レンズ84の凹面の曲率半径と等しい。前記凹面と凸面間に薄い空気間隔を設けている。平凹レンズ32の側面には黒色塗料71が塗布され、平凹レンズ32の凹面および両凸レンズ83の両凸面には反射防止膜が蒸着されている。前記ライトバルブ装置を用いて液晶投写型テレビを構成する場合は投写レンズを、平凹レンズ32および両凸レンズ83を組み合わせた状態で、光変調層33上の光学像スクリーン上に結像するようにする。投写画像のフォーカス調整は投写レンズを光軸に沿って移動することにより行う。

【0151】(図8(c))に示した構成の場合も、液晶パネル15の出射側に平凹レンズ32を結合し、平凹レンズ32の側面に黒色塗料71を塗布することにより、(図8(b))に示した構成の場合と同様に、コントラストの良好な投写画像を得ることができる。

【0152】ライトバルブ装置に用いる高分子分散液晶パネルは、TN液晶パネルほど光学特性の入射角依存性が強くないが、入射光の入射角があまり大きい場合には、光変調層33を通過するときの光路長が長くなるために散乱特性が変化する。つまり、液晶パネル15に入射する光線の入射角が場所により異なれば、投写画像の画質が不均一となる。一方、(図8(b))に示した構成の場合、凹面の曲率半径を小さくしようとすると、液晶パネル15に収束角の大きな収束光を入射させるか、

(16)

29

または投写レンズの有効直径を大きくする必要がある。前者は液晶パネル15上の場所により画質が均一でないために、投写画像の画質が不均一となり、後者は投写レンズが大型化しコスト高になるという問題がある。液晶パネル15の散乱特性の入射角依存性が大きい場合、(図8(c))に示したような構成にすれば、投写レンズを大型化することなく、液晶パネル15に平行に近い光を入射させることができるので、投写画像の均一性を確保しやすい。

【0153】両凸レンズ83の液晶パネル15側の面の曲率半径は、平凹レンズ32の凹面の曲率半径と同一または小さくするとよい。こうすると、両凸レンズ83が凹面に入り込む形になるので、光変調層33から両凸レンズ83の投写レンズ側の頂点までの長さを短くすることができる。

【0154】(図8(d))は透明基板32が空気と接する面を斜めにカットした構成であり、(図8(e))は円錐状にカットした構成である。また、(図8(f))は円弧状にカットした構成である。

【0155】空気とガラスと接する面にはマルチコートあるいはVコートの反射防止膜を構成するが、反射率を完全に0にすることは困難である。反射型ライトバルブ装置では不要界面反射光が投写画像に大きく影響するため、極めて小さくしなければならない。ライトバルブ層に対して界面が斜めであれば、不要界面反射光がスクリーンに投写されることはきわめて少なくなる。(図8

(d))～(図8(f))のように、界面を曲面あるいは斜めにするにより不要反射光を大幅に低減させ、コントラストを向上できる。

【0156】(図8(g))は透明基板32の液晶パネル15と接する面よりも空気と接する面の方を広くした形状である。短いラップ形状である。透明基板32の非有効領域以外の部分には光吸収膜71を形成する。(図8(g))の構成をとることにより、光変調層33で散乱し、透明基板32の空気と接する面で反射し再び光変調層33へ戻ろうとする光は完全に光吸収膜71で吸収することができ、コントラストが向上する。

【0157】次に、対向電極となるITO薄膜の前後に透明誘電体薄膜を形成して3層構成とすれば、2層の場合よりもさらに反射率を小さく、かつ広い波長帯域にわたる反射防止効果を実現できる。この場合の屈折率、および膜厚の条件は次式のようになる。

【0158】

【数29】

$$\left[\frac{n_3}{n_1} \right]^2 = \frac{n_{lc}}{n_g}$$

【0159】

【数30】

30

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 / 2 = n_3 d_3 = \lambda / 4$$

【0160】または、

【0161】

【数31】

$$(n_1 d_3)^2 = n_2^2 n_g n_{lc}$$

【0162】

【数32】

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 = n_3 d_3 = \lambda / 4$$

10

【0163】 n_3 はITO薄膜と液晶層との間に形成する薄膜の屈折率、 d_3 はITO薄膜と液晶層との間に形成する薄膜の膜厚である。また、その他の記号は(数23)～(数26)と同様である。

【0164】以上の条件式においても、いずれも波長 λ における無反射条件であるが、広い波長帯域で反射を低減させる場合は(数31)、(数32)の条件よりも(数29)、(数30)の条件を満たす場合の方が望ましい。さらに、ITO薄膜は十分に低い抵抗値を得るため、少なくとも物理的膜厚として100nm以上が望ましいため、この点からも、ITO薄膜の光学的膜厚 $n_2 d_2$ の条件が $\lambda/2$ となる(数29)、(数30)の条件が好ましい。

20

【0165】条件式(数29)、(数30)に基づいて構成した、本発明のライトバルブ装置の他の実施例の断面図を(図14)に示す。反射防止膜142および反射防止電極141以外は、(図13)に示した構成と同様であるので差異についてのみ説明をする。なお、反射防止膜142はマルチコート方式の反射防止膜であり、当然のことながら、Vコート方式の反射防止膜139でもよい。

30

【0166】反射防止電極141は、対向電極基板132側から順に第1の誘電体薄膜141a、ITO薄膜141b、第2の誘電体薄膜141cで構成される3層構成であり、ITO薄膜141bの光学的膜厚は $\lambda/2$ 、第1の誘電体薄膜141a、および第2の誘電体薄膜141cの光学的膜厚はそれぞれ $\lambda/4$ である。

40

【0167】誘電体薄膜141aおよび141cとしてSiOを用いた構成の一実施例を(表6)に、また、その分光反射率を(図27)に示す。(図27)からわかるように、(表6)の構成によると波長帯域幅200nm以上にわたり反射率0.1%以下の特性を実現でき、極めて高い反射防止効果を得ることができる。なお、(図27)および(図29)において、グラフの説明文字は上段を誘電体薄膜141aの使用材料を中段は、ITO薄膜141bを、下段は誘電体薄膜141cの使用材料を示す。

【0168】

【表6】

(17)

31

32

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1. 5 2	—	—
S i O	1. 7 0	1 3 0. 0	7 6. 5
I T O	2. 0 0	2 6 0. 0	1 3 0. 0
S i O	1. 7 0	1 3 0. 0	7 6. 5
液晶	1. 6 0	—	—

【0169】第1の誘電体薄膜141aおよび第2の誘電体薄膜141cの屈折率は1.60以上1.80以下が望ましい。(表6)の実施例ではいずれもSiOを用いたが、どちらか一方、または両方の誘電体薄膜を、他にAl₂O₃、Y₂O₃、MgO、CeF₃、WO₃、PbF₂のいずれかを用いても良い。

* 【0170】(表7)に第1の誘電体薄膜141a、第2の誘電体薄膜141cをY₂O₃にした場合を示す。また、その分光反射率を(図27)に示す。

【0171】

【表7】

*

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1. 5 2	—	—
Y ₂ O ₃	1. 7 8	1 3 0. 0	7 3. 0
I T O	2. 0 0	2 6 0. 0	1 3 0. 0
Y ₂ O ₃	1. 7 8	1 3 0. 0	7 3. 0
液晶	1. 6 0	—	—

【0172】誘電体薄膜141aおよび141bにY₂O₃を用いた時の分光反射率はAl₂O₃の場合に比較してB光およびR光で反射率が多少高くなる傾向がある。

【0173】同様に(表8)に第1の誘電体薄膜141aをSiOに、第2の誘電体薄膜141cをY₂O₃にし ※

※た場合を示す。また、その分光反射率を(図27)に示す。可視光領域全般にわたり0.1%以下の極めてすぐれた反射防止効果を実現している。

【0174】

【表8】

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1. 5 2	—	—
S i O	1. 7 0	1 3 0. 0	7 6. 5
I T O	2. 0 0	2 6 0. 0	1 3 0. 0
Y ₂ O ₃	1. 7 8	1 3 0. 0	7 3. 0
液晶	1. 6 0	—	—

【0175】さらに(表9)に第1の誘電体薄膜141aをAl₂O₃に、第2の誘電体薄膜141cをSiOにした場合を示す。また、その分光反射率を(図27)に示す。R光およびB光の領域では反射率が0.5%を越

え、適当とは言えない。

【0176】

【表9】

(18)

33

34

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1. 5 2	—	—
Al_2O_3	1. 6 2	1 3 0. 0	8 0. 3
I T O	2. 0 0	2 6 0. 0	1 3 0. 0
S i O	1. 7 0	1 3 0. 0	7 6. 5
液 晶	1. 6 0	—	—

【0177】以上のようにITO薄膜141bの両面に誘電体薄膜141aおよび141cを3層に形成することにより反射光防止効果をもたせることができる。全般的に(図13)に示す2層構成に比較して可視光領域全般にわたり反射防止効果が高い。

【0178】高分子分散液晶33とITO薄膜141bが直接接していると高分子分散液晶33の劣化が進みやすい。これはITO薄膜141b中の不純物等が液晶33に溶出するためと考えられる。前述の3層構成のように、ITO薄膜141bと液晶33との間に誘電体薄膜141cを形成すると液晶33の劣化することがなくなる。特に誘電体薄膜141cが Al_2O_3 あるいは Y_2O_3 の時に良好であった。

【0179】誘電体薄膜141cがSiOの時はSiOの屈折率が低下する傾向がみられる。これは液晶33中 *

*に微量に含まれた H_2O 、 O_2 等の酸素原子とSiOが結びつき、SiOが SiO_2 に変化していくためと考えられる。その意味では(表6)および(表9)の構成はふさわしくない。しかし、SiOは短期間で SiO_2 に変化することはなく、実用上は採用できることが多い。

【0180】第1の誘電体薄膜141aとITO薄膜141bおよび第2の誘電体薄膜141cからなる3層の構成での反射防止効果は、ITOの屈折率を低くすることにより、さらに大きくなる。(表10)は誘電体薄膜141aおよび141cに Al_2O_3 、ITO薄膜141bを屈折率1. 8にした例であり、その分光反射率を(図29)に示す。

【0181】

【表10】

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1. 5 2	—	—
Al_2O_3	1. 6 2	1 3 0. 0	8 0. 2
I T O	1. 8 0	2 6 0. 0	1 4 4. 4
Al_2O_3	1. 6 2	1 3 0. 0	8 0. 2
液 晶	1. 6 0	—	—

【0182】また、(表11)は誘電体薄膜141aに Al_2O_3 、誘電体薄膜141cにSiOを用い、ITO薄膜141bを屈折率1. 8にした例であり、その分光

反射率を(図29)に示す。

【0183】

【表11】

40

(19)

35

36

主波長： $\lambda = 520 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
Al_2O_3	1.62	130.0	80.3
ITO	1.80	260.0	144.4
SiO	1.70	130.0	76.5
液晶	1.60	—	—

【0184】(図29)で明らかなように、可視光領域において反射率を0.1%以下を実現できる。

【0185】(図15)に示す本発明のライトバルブ装置の画素構造は従来透過型の液晶パネルと変化が少ない。ただし、ITO薄膜からなる画素電極のかわりにAlもしくはCrなどの金属薄膜を用いて反射電極151としている。TFT137上には絶縁膜152を介して遮光膜153を形成している。これは液晶層33に入射した光が散乱し、TFT137の半導体層に入射してホトコンダクタ現象が生じるのを防止するためである。他の点は(図14)と同様であるので説明を省略する。

【0186】なお、以上の実施例で実際に使用できる薄膜物質の中で、(数23)、または(数29)の屈折率条件を完全に満たす薄膜は存在しない場合が多い。その場合は、条件に最も近い屈折率を有する薄膜を選択する。

【0187】また、対向電極基板132とITO薄膜との間に形成する誘電体薄膜か、ITO薄膜と液晶層33との間に形成する誘電体薄膜のどちらか一方、またはその両方を(数23)、または(数29)の条件によって要求される屈折率の前後の屈折率を有する低屈折率層と高屈折率層の交互多層構成とし、それぞれの膜厚を最適化すれば、任意の屈折率の薄膜を選択できるうえ、等価的に所望の反射防止特性を得ることができる。この方法によれば、薄膜物質を選択する上で屈折率の自由度が広がるだけでなく、物質の安定性、耐久性、均一性、および成膜の容易性などの点からも有利である。この場合も

ITO薄膜の光学的膜厚 n_2d_2 は(数24)、(数30)より、いずれも $\lambda/2$ とする。以上のように低屈折率層と高屈折率層とを交互に積層し、等価的に得た所望の屈折率の薄膜を等価膜と呼ぶ。

【0188】以上の等価膜を用いた本発明のライトバルブ装置の実施例の断面図を(図16)、(図17)および(図18)に示す。これらの構成は反射防止電極161、171および181以外は(図13)または(図14)と構成が同じである。

【0189】(図16)に示した反射防止電極161は、対向電極基板132側から順に第1の誘電体薄膜161a、対向電極のITO薄膜161b、第2の誘電体薄膜161cから構成され、第2の誘電体薄膜161cはさらに低屈折率層161d、高屈折率層161e、低屈折率層161cの3層構成としている。ITO薄膜161bの光学的膜厚は $\lambda/2$ 、第1の薄膜161aの光学的膜厚は $\lambda/4$ である。

【0190】具体的な構成の一実施例を(表12)、(表13)に、またそれぞれに対応する分光反射率特性を(図31)、(図32)に示す。(図31)、(図32)からわかるように、(表12)、および(表13)の構成によればいずれも周波帯域幅200nm以上にわたり反射率0.1%以下の特性を実現でき、極めて高い反射防止効果を得ることができる。

【0191】

【表12】

(20)

37

38

主波長： $\lambda = 540 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1. 5 2	—	—
S i O	1. 7 0	1 3 5. 0	7 9. 4
I T O	2. 0 0	2 7 0. 0	1 3 5. 0
A l ₂ O ₃	1. 6 2	5 5. 4	3 4. 2
Z r O ₂	2. 0 5	2 3. 0	1 1. 2
A l ₂ O ₃	1. 6 2	5 5. 4	3 4. 2
液晶	1. 6 0	—	—

【0192】

* * 【表13】

主波長： $\lambda = 440 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1. 5 2	—	—
Y ₂ O ₃	1. 7 8	1 1 0. 0	6 1. 8
I T O	2. 0 0	2 2 0. 0	1 1 0. 0
S i O ₂	1. 4 6	4 4. 0	3 0. 1
T i O ₂	2. 3 0	3 3. 0	1 4. 4
S i O ₂	1. 4 6	3 3. 4	2 2. 6
液晶	1. 6 0	—	—

【0193】このように(図16)の構成で、第2の薄膜161cを低屈折率膜161d、高屈折率膜161e、低屈折率膜161fの3層構成として、それぞれの誘電体薄膜の膜厚を最適化することによって、低屈折率層161d、161f、高屈折率層161e、および第1の誘電体161aの屈折率は任意の屈折率の薄膜物質を選択することができ、なおかつ所望の反射防止効果を容易に得ることができる。

【0194】低屈折率層の屈折率は1.3以上1.7以下、また、高屈折率層の屈折率は1.7以上2.3以下であることが好ましい。

【0195】低屈折率膜161d、161fの材料としては(表12)、(表13)中のAl₂O₃、SiO₂の他にMgF₂、CeF₂、SiOなどを用いても良い。また、高屈折率膜161eの材料としてはZrO₂、TiO₂の他にY₂O₃、HfO₂、Ta₂O₅、CeO₂、ZnSなどを用いても良い。

【0196】誘電体薄膜161aの屈折率は1.6以上1.8以下が望ましく、その材料としては(表12)、(表13)中のY₂O₃、SiOの他にAl₂O₃、Mg

O、WO₃、CeF₃、PbF₂などを用いても良い。

【0197】また、薄膜161cは3層構成としているが、2層、あるいは4層以上の構成にしてもよい。

【0198】さらに薄膜161cは対向電極132側から順に低屈折率層161d、高屈折率層161e、低屈折率層161fの構成としたが、低屈折率層と高屈折率層の構成を反対とし、対向電極基板132側から高屈折率層、低屈折率層、高屈折率層としても良い。

【0199】次に、(図17)に示す反射防止電極171は、対向電極基板132側から順に第1の誘電体薄膜171a、対向電極のITO薄膜171b、第2の誘電体薄膜171cから構成され、第1の誘電体薄膜171cはさらに低屈折率層171d、高屈折率層171e、低屈折率層171fの3層構成としている。ITO薄膜171bの光学的膜厚は $\lambda/2$ 、第2の誘電体薄膜171cの光学的膜厚は $\lambda/4$ である。

【0200】具体的な構成の実施例を(表14)、(表15)に、またそれぞれに対応する分光反射率特性を(図33)、(図34)に示す。この場合も(図33)、(図34)からわかるように、(表14)および

40

50

(21)

39

40

(表15)の構成によればいずれも波長帯域幅200nm以上にわたり反射率0.1%以下の特性を実現でき、極めて高い反射防止効果を得ることができる。

*【0201】

【表14】

*

主波長： $\lambda = 440 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
Al_2O_3	1.62	44.0	27.2
ZrO_2	2.05	17.6	8.6
Al_2O_3	1.62	55.0	34.0
ITO	2.00	220.0	110.0
Y_2O_3	1.78	110.0	70.2
液晶	1.60	—	—

【0202】

※²⁰※【表15】主波長： $\lambda = 560 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
SiO_2	1.46	57.4	39.3
TiO_2	2.30	25.2	11.0
SiO_2	1.46	57.4	39.3
ITO	2.00	280.0	140.0
SiO	1.70	140.0	82.4
液晶	1.60	—	—

【0203】このように、(図17)の構成も、第1の誘電体薄膜171aを低屈折率膜171d、高屈折率膜171e、低屈折率膜171fの3層構成として、それぞれの薄膜の膜厚を最適化することによって、低屈折率層171d、171f、高屈折率層171e、および第2の誘電体薄膜171cの屈折率は任意の屈折率の薄膜物質を選択することができ、なおかつ所望の反射防止効果を容易に得ることができる。

【0204】(図16)の場合と同様に、低屈折率層の屈折率は1.3以上1.7以下、また高屈折率層の屈折率は1.7以上2.3以下であることが好ましい。

【0205】低屈折率膜171d、171fの材料としては(表14)、(表15)中の Al_2O_3 、 SiO_2 の他に MgF_2 、 CeF_2 、 SiO などを用いても良い。また、高屈折率膜171eの材料としては ZrO_2 、Ti

O_2 の他に Y_2O_3 、 HfO_2 、 Ta_2O_5 、 CeO_2 、 ZnS などを用いても良い。

【0206】第2の誘電体薄膜171cの屈折率も(図16)の場合と同様に、1.6以上1.8以下が望ましく、材料は(表14)、(表15)中の Y_2O_3 、 SiO の他に Al_2O_3 、 MgO 、 WO_3 、 CeF_3 、 PbF_2 などを用いても良い。

【0207】また、(図17)の構成においても、誘電体薄膜171aは3層構成としているが、2層、あるいは4層以上の構成にしても良い。さらに対向電極基板132側から順に低屈折率層171d、高屈折率層171e、低屈折率層171fの構成としたが、低屈折率層と高屈折率層の構成を反対とし、対向電極基板132側から高屈折率層、低屈折率層、高屈折率層としても良い。

【0208】さらに、(図18)に示す反射防止電極1

(22)

41

81は、対向電極基板132側から順に第1の誘電体薄膜181a、対向電極のITO薄膜181b、第2の誘電体薄膜181cから構成され、さらに第1の誘電体薄膜181aは低屈折率層181d、高屈折率層181e、低屈折率層181fの3層構成、第2の誘電体181cも低屈折率層181g、高屈折率層181h、低屈折率層181iの3層構成としている。また、ITO薄膜181bの光学的膜厚は $\lambda/2$ である。

【0209】具体的な構成の実施例を（表16）、（表*

42

*17）、（表18）に、またそれぞれに対する分光反射率特性を（図35）、（図36）、（図37）に示す。この場合も（図35）、（図36）、（図37）からわかるように、（表16）、（表17）および（表18）の構成によればいずれも波長帯域幅200nm以上にわたり反射率0.1%以下の特性を実現でき、極めて高い反射防止効果を得ることができる。

【0210】

【表16】

主波長： $\lambda = 600 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
SiO ₂	1.46	63.0	43.2
TiO ₂	2.30	24.0	10.4
SiO ₂	1.46	63.0	43.2
ITO	2.00	300.0	150.0
SiO ₂	1.46	61.5	42.1
TiO ₂	2.30	27.0	11.7
SiO ₂	1.46	61.5	42.1
液晶	1.60	—	—

【0211】

※ ※【表17】

主波長： $\lambda = 540 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1.52	—	—
Al ₂ O ₃	1.62	60.8	37.5
ZrO ₂	2.05	13.5	8.6
Al ₂ O ₃	1.62	60.8	37.5
ITO	2.00	270.0	135.0
Al ₂ O ₃	1.62	56.7	35.0
ZrO ₂	2.05	21.6	10.5
Al ₂ O ₃	1.62	56.7	35.0
液晶	1.60	—	—

【0212】

【表18】

(23)

43

44

主波長： $\lambda = 600 \text{ nm}$

材 料	屈 折 率	光学的膜厚 (nm)	物理的膜厚 (nm)
ガラス基板	1. 5 2	—————	—————
MgF ₂	1. 3 9	4 2. 0	3 0. 2
Y ₂ O ₃	1. 7 8	6 6. 0	3 7. 1
MgF ₂	1. 3 9	4 2. 0	3 0. 2
ITO	2. 0 0	3 0 0. 0	1 5 0. 0
MgF ₂	1. 3 9	3 6. 0	2 5. 9
Y ₂ O ₃	1. 7 8	7 8. 0	4 3. 8
MgF ₂	1. 3 9	3 6. 0	2 5. 9
液晶	1. 6 0	—————	—————

【0213】このように、(図18)の構成も、第1の誘電体薄膜181aを低屈折率膜181d、高屈折率膜181e、低屈折率膜181f、第2の誘電体薄膜181cを低屈折率膜181g、高屈折率膜181h、低屈折率膜181iのそれぞれの3層構成として、それぞれの薄膜の膜厚を最適化することによって、低屈折率層181d、181f、181g、181i、高屈折率層181e、181hの屈折率は任意の屈折率薄膜物質を選択することができ、なおかつ所望の反射防止効果を容易に得ることができる。

【0214】この場合も(図16)の場合と同様に、低屈折率層の屈折率は1.3以上1.7以下、また高屈折率層の屈折率は1.7以上2.3以下であることが好ましい。

【0215】低屈折率膜181d、181f、181g、181iの材料としては(表16)、(表17)、(表18)の中のAl₂O₃、SiO₂、MgF₂の他にCeF₂、SiOなどをを用いても良い。また、高屈折率膜181e、181hの材料としてはZrO₂、TiO₂、Y₂O₃の他にHfO₂、Ta₂O₅、CeO₂、ZnSなどを用いても良い。

【0216】また、(図18)の構成も誘電体薄膜181a、181cはそれぞれ3層構成としているが、それぞれ2層、あるいは4層以上の構成にしてもよい。また、誘電体薄膜181aと誘電体薄膜181cを構成する低屈折率膜181d、181f、181g、181i、および高屈折率膜181e、181hは蒸着作業の容易性の点で同じ物質を用いたが、それぞれ複数の物質を用いてもよい。

【0217】さらに誘電体薄膜181a、181cは対向電極基板132側から順に低屈折率層、高屈折率層、低屈折率層の構成としたが、それぞれ低屈折率層と高屈折率層の構成を反対とし、対向電極基板132側から高

屈折率層、低屈折率層、高屈折率層としても良い。

【0218】ライトバルブを構成する上で課題となる点に、反射電極間から進入した光によるTFT137のホトコンダクタ現象がある。前記ホトコンダクタ現象とは、TFTの半導体層に光が照射され、TFTのソース・ドレイン間が導通状態になることである。特にTFT半導体層がアモルファスシリコンで形成されている場合に発生しやすい。本発明のライトバルブ装置は、TFT137上に反射電極135を形成しているため、入射光が直接TFT137に照射されることはない。しかし(図20)に示すように、入射光201bが水滴状液晶232で散乱され、散乱した光が反射電極135間から、アレイ基板131内に侵入する。侵入した光はアレイ基板131と空気との界面で反射されてTFT137に入射する。以上のメカニズムによりTFT137にホトコンダクタ現象が生じる。

【0219】以上のホトコンダクタ現象を防止するためには、(図19(b))のようにアレイ基板131の裏面に透明板32bを配置する。透明板32bはアレイ基板131と光学的結合体133bを用いて光学的に結合させる。また、透明基板32bの無効面には光吸収膜71を形成する。透明板32bの空気に接する面からTFT137が形成された面までの距離をdとしたとき(数35)を満足するようにすると、反射電極135間から入射し、透明板32bと空気との界面で反射する光のほとんどは光吸収膜71に吸収されるため、TFTのホトコンダクタ現象は発生しないようになる。(図21)で示すように入射光201bはTFT137に入射しない。

【0220】以上のことから(図19(b))のように本発明のライトバルブ装置を構成することによりホトコンダクタ現象を防止でき、良好な画像表示を実現できる。なお、透明基板32bは(図6)に示すように凹レ

(24)

45

レンズ形状でもよいことはいうまでもない。

【0221】ホトコンダクタ現象を防止する方法として、(図19(a))のようにライトバルブ装置を構成してもよい。(図19(a))において191は光吸収膜である。光吸収膜191はアクリル樹脂にカーボンを分散した塗料などが例示される。

【0222】光吸収膜191はアレイ基板131の表面に形成するものであるから、ほとんどの塗料等を使用できる。また光吸収膜191の色は黒色に限定されず、ライトバルブ装置が変調する光の色を吸収するものであれば何でもよい。

【0223】アレイ基板131の裏面を、レンズ等を削る時に用いる砂を用いて凹凸を形成し、前記凹凸上に光吸収膜191を形成する。(図19(a))のように光吸収膜191を形成することにより、反射電極間を通過した入射光を光吸収膜191で吸収することができ、TFT137のホトコンダクタ現象を防止できる。

【0224】以下、本発明のライトバルブ装置を用いた投写型表示装置について説明する。(図1)において、光源13はランプ13a、凹面鏡13b、フィルタ12で構成される。ランプ13aはメタルハライドランプであり、R、G、Bの3原色の色成分を含む光を出射する。凹面鏡13bはガラス製で、反射面に可視光を反射し赤外光を透過させる多層膜を蒸着したものである。フィルタ12はガラス基板の上に可視光を透過し、赤外光と紫外光を反射する多層膜を蒸着したものである。ランプ13aからの放射光に含まれる可視光は、凹面鏡13bの反射面により反射する。凹面鏡13bから出射する反射光は、フィルタ12により赤外線と紫外線とが除去されて出射する。なお、19は本発明のライトバルブ装置である。

【0225】投写レンズ11はライトバルブ装置19側の第1レンズ群11aとスクリーン側の第2レンズ群11bとで構成され、第1レンズ群11aと第2レンズ群11bとの間には平面ミラー16が配置されている。ライトバルブ装置19の画面中心にある画素から出射する散乱光は、第1レンズ群11aを透過した後、約半分が平面ミラーに入射し、残りが平面ミラー16に入射せずに第2レンズ群11bに入射する。平面ミラー16の反射面の法線は投写レンズ11の光軸17に対して45°傾いている。光源13からの光は平面ミラー16で反射されて第1レンズ群11aを透過し、透明基板32を透過して液晶パネル15に入射する。液晶パネル15からの反射光は、透明基板32、第1レンズ群11a、第2レンズ群11bの順に透過してスクリーンに到達する。投写レンズ11の絞りの中心から出て液晶パネル15に向かう光線は、液晶層33にほぼ垂直に入射するように、つまりテレセントリックとしている。また、透明基板32の表面にはVコート方式の反射防止膜を施している。

46

【0226】PDライトバルブを用いた投写型表示装置の投写画像のコントラストを良好にするには、散乱ゲインを小さくする必要がある。その散乱ゲインを小さくするには液晶層を厚くすればよい。液晶層が厚くなると、透明状態となる電圧が高くなるので、駆動ICの出力電圧を高くする必要がある。駆動ICの出力電圧が高くなると、駆動ICの発熱量が非常に大きくなるため、液晶層の温度均一性を確保できなくなり、画質の均一性が劣化するという問題を生じる。液晶パネルが反射型の場合、光は液晶層33を2回通過するので、液晶層の厚さが同一の透過型の高分子分散液晶パネルの場合に比較して、散乱特性を良好にすることができる。そのため、投写画像のコントラストは、反射型の方が透過型の場合より有利である。つまり、駆動ICの出力電圧を低くして、コントラストの良好な投写画像を得ることができる。

【0227】なお、PDライトバルブとして(図8(c))に示すような、平凹レンズ32と両凸レンズ83を組み合わせたものを用いる場合は、投写レンズ11は平凹レンズ32と両凸レンズ83を組み合わせることにより、光変調層33上の光源像がスクリーン上に結像するようにすればよい。

【0228】まず、ここでは説明を容易にするために19aをG光を利用するライトバルブ装置、19bをB光を変調するライトバルブ装置、19cをR光を変調するライトバルブ装置であるとして説明する。

【0229】(図1)において、14a、14b、14cはダイクロイックミラーであるが、これは色合成系と色分離系を兼用している。光源からの出射された白色光は平面ミラー16によりおりまげられ、投写レンズ11の第1群11aに入射する。この際フィルタ12により不要なB光およびR光はカットされる。フィルタ12の帯域は半値の値で430nm～690nmである。以後、光の帯域を記述する際は半値で表現する。ダイクロイックミラー14aはG光を反射し、R光およびB光を透過させる。G光はダイクロイックミラー14cで帯域制限され、ライトバルブ装置19aに入射する。G光の帯域は510～570nmとする。一方、ダイクロイックミラー14bはB光を反射し、R光を透過させる。B光はライトバルブ装置19bに、R光はライトバルブ装置19cに入射する。入射するB光の帯域は430nm～490nm、R光の帯域は600nm～690nmである。各ライトバルブ装置はそれぞれの映像信号に応じて散乱状態の変化として光学像が形成する。各ライトバルブ装置で形成された光学系はダイクロイックミラー14a、14b、14cで色合成され、投写レンズ11に入射し、スクリーン18上に拡大投写される。

【0230】先の説明では、ダイクロイックミラー14aはG光を反射するバンドパスのフィルタを用いる。しかし、バンドパスのフィルタは形成する誘電体薄膜の積

(25)

47

層数が多く、高価になり、また特性も多少悪い。

【0231】ライトバルブ装置19aをR光変調用、ライトバルブ装置19bをG光変調用、ライトバルブ装置19cをB光変調用とすれば、ダイクロイックミラー14はすべてハイパスもしくはローパスのフィルタ型を用いることができる。ダイクロイックミラー14aはR光を反射する。次に前記R光の光はダイクロイックミラー14cで帯域制限され純度を高められる。投写型表示装置を構成する場合、R光の純度が画質に与える影響は大きい。R光にオレンジ色の光を含んでいる場合、画像の色再現性は悪化する。ダイクロイックミラー14bはG光の光を反射し、B光の光を透過させる。以上のようにして、ダイクロイックミラーは白色光をR、G、B光の3原色光の光路に分離する。

【0232】従来のライトバルブを用いる投写型表示装置は5枚ないし6枚のダイクロイックミラーが必要であった。本発明の投写型表示装置は、3枚のダイクロイックミラーで色合成分離系を構成している。したがって、光学系を大幅に小型化でき、また、コストも安くすることができる。また、反射型のライトバルブを用いているため、透過型に比較して、コントラストも良好である。また、高分子分散液晶を用いているので光変調に偏光板が必要でなく、画素開口率も高いので高輝度表示を行うことができる。その上、液晶パネルの裏面には障害物がないのでパネル冷却が容易である。たとえば、裏面からの強制空冷、液冷を容易に行え、また、裏面にヒートシンク等も取り付けることができる。また、(図19

(a))のように裏面に光吸収膜191を形成することもできる。

【0233】ダイクロイックミラーの配置としては数々の変形が考えられる。たとえば(図9)の配置、あるいは(図10)の配置がある。なお、(図9)から(図12)は、ダイクロイックミラーの配置を記載したものであり、ダイクロイックミラーの光の反射、透過帯域を考慮して図示したものではない。(図11)ではライトバルブ装置19cの入射面にダイクロイックミラー14cを配置しているが、これはライトバルブ装置19cに入射する光の帯域を制限するものである。ダイクロイックミラー14cはダイクロイックフィルタであってもよいが、光軸17に対して垂直に配置してはならない。なぜならば、入射光がダイクロイックフィルタの界面で反射し、前記反射光がそのままスクリーンに投写されてコントラストを低下させるためである。したがって、本発明の投写型表示装置では良好なカラー表示を得るための色分離、色合成用として3枚のダイクロイックミラーもしくはダイクロイックフィルタを用いて構成する。さらに、前記ダイクロイックミラーもしくはダイクロイックフィルタは光軸に対して斜めに配置する。なお、ダイクロイックミラーはダイクロイックプリズムに置き換えてもよい。

48

【0234】(図12)はダイクロイックミラー14bおよび14aをX字に配置した例である。たとえば、ダイクロイックミラー14bはB光を反射し、ダイクロイックミラー14aはR光を反射する。ダイクロイックミラー14cはG光を透過させる。(図12)の構成では(図1)に比較してさらに装置の光学系を小型化することができる。

【0235】(図2)は本発明の投写型表示装置の第2の実施例である。(図1)との差異はライトバルブ装置19のかわりにライトバルブ装置20を用いた点である。その他の事項は(図1)と同様であるので差異のみについて説明をする。

【0236】ライトバルブ装置12とは(図19

(b))に示すライトバルブ装置が該当する。アレイ基板131の裏面に透明基板32bを光学的結合を取って接続している。(図19(b))に示すライトバルブ装置を用いれば(図21)に示すように反射電極135間から進入する光によりTFT137にホトコンダクタ現象が発生することがなくなり、表示コントラストが向上する。反射電極135間からは光のもれ量は多く、アレイ基板131の裏面から高分子分散液晶層33の光変調状態がモニタできる。TFT137の半導体層がポリシリコンの場合はホトコンダクタ現象は大きくない。しかし、アモルファスシリコンの場合は、十分な対策が必要である。したがって、アモルファスシリコンの場合には、透明基板32bを配置する効果は大きい。

【0237】アレイ基板131と空気との界面の反射を防止する方法に(図19(a))に示すライトバルブ装置を用いる方法もある。(図19(a))のライトバルブ装置では、アレイ基板131と空気との界面に光吸収膜191を形成している。光吸収膜191には黒色色素を含有させ、反射電極135からもれる光を吸収させる。また、ライトバルブ装置が変調する光の色に対して補色の色素を含有させてもよい。たとえばライトバルブ装置20cがB光を変調する場合、光吸収膜191には黄色に着色させる。補色の関係にある時、光は吸収される。

【0238】なお、本発明のライトバルブ装置に用いる液晶に、2色性あるいは多色性色素つまり染料を含有したものを用いてもよい。電界が印加され液晶分子が垂直に配向すると水滴状液晶132は着色せず、入射光231は反射電極135で反射されそのまま出射する。液晶層33が散乱状態の時、水滴状液晶232は染料で着色し、入射光231は散乱するとともに染料で吸収される。したがって、コントラストは大幅に向上する。また、(図1)に示すようにR・G・B光変調用に3枚の液晶パネルを用いる場合は、特にR光用ライトバルブ装置の水滴状液晶の径を大きくした方が好ましい。たとえば、G光用ライトバルブ装置の水滴状液晶の平均粒子径が1.7μmであればR光用ライトバルブ装置では2.

0 μ m前後にする。これは高分子分散液晶の散乱特性は入射波長に依存するためである。変調する波長が長くなるほど水滴状液晶の平均粒子径は大きくする方が散乱特性が良好になる。平均粒子径は液晶と樹脂を相分離させる際の紫外線照射条件を操作することにより調整できる。またポリマーに対して液晶の含有比率が高いときは水滴状液晶とはならず連続層となるが、この際はポリマーネットワークの平均孔径を可変する。これも相分離させてその紫外線照射条件を操作することにより調整できる。

【0239】なお、本発明のライトバルブ装置において高分子分散液晶パネルを用いるとしたがこれに限定するものではなく、たとえば相変化液晶を用いた熱書き込み液晶パネル、散乱状態の変化を用いる強誘電性液晶パネル等の液晶パネルや、PLZT等、光散乱状態の変化としての光学像を形成するものであれば、本発明のライトバルブ装置のパネルとして用いることができる。

【0240】なお、本発明のライトバルブの技術範囲は、散乱状態の変化として光源像を形成する材料を用いた光書き込み型表示パネルにもおよぶと考える。たとえば、前記光書き込み表示パネルの一例として、特開平2-93519号公報等がある。この公報には、誘電体ミラーと対向電極間に高分子分散液晶を挟持した表示パネルが開示されている。誘電体ミラーの一方には電極が形成されている。本発明の実施例の表示パネルではマトリックス状に画素電極を有しており、前述の公報の光書き込み表示パネルには画素電極はない。本発明の反射型の表示パネルは対向電極を2層あるいは3層の薄膜により構成し、前記多層薄膜により反射防止機能をもたせる。

【0241】本発明は、配向膜等を形成しない表示パネルに前述の積層薄膜の構成を採用することにより、また、透明基板を対向基板上に配置し、界面で反射した光を液晶層に再び戻らないように構成することに技術思想がある。この思想に基づけば前述の公報の光書き込み表示パネルは誘電体ミラーを有し、画素電極は有しないが、2つの電極間に電圧を印加し、光変調を行なうライトバルブ装置であり、TN液晶のように配向膜を形成しないという点および反射型であるという点に関しては本発明のライトバルブ装置と全く同一である。光書き込み表示パネルの光入射面の電極に積層の薄膜を形成することにより、反射防止機能が作用し、表示コントラストを向上できることは明らかである。また、透明基板を配置することによりさらに表示コントラストは向上できる。また、光書き込み型表示パネルをライトバルブとして用いる投写型表示装置においては、前記積層の薄膜の膜厚を変調する光の波長に応じて形成すればよいことも本発明の投写型表示装置の技術思想を適用すればよい。したがって本発明のライトバルブ装置および投写型表示装置の構成の技術思想および発明を、光書き込み表示パネルおよびそれをライトバルブとして用いる投写型表示装置に適用

できることは明らかである。

【0242】

【発明の効果】本発明のライトバルブ装置は、その対向電極基板に誘電体薄膜を形成することにより、ITO薄膜と対向電極基板間およびITO薄膜と液晶間の界面の反射率を大幅に低減しており、薄膜形成もいたって容易であり、投写型表示装置のように変調するライトバルブ装置の入射光の波長が狭帯域である場合に、非常に良好な反射防止効果が得られる。また、空気と接する面にも

10 反射防止膜を形成しており、総合した反射率は0.3%以下と非常に良好であり、高コントラスト表示を実現できる。アレイ構造も反射電極構造をとることにより、画素開口率も70%以上を実現でき、TFTのホトコンも発生しない。また、ライトバルブ装置の裏面等に放熱板を取り付けることができ、冷却機構も簡単になる。

【0243】また、基板間に挟持する液晶として高分子分散液晶を用いることにより、偏光板が不要となり、TN液晶パネルに比較して2倍以上の高輝度表示が実現できる。これは光利用効率を向上できることのみならず、

20 入射光が熱に変換されることを大幅に減少でき、加熱によるパネルの性能劣化をひきおこすことがなくなる。これは、投写型表示装置のように一つのライトバルブ装置に入射する光の強さが数万ルクスと大きい場合、非常に有効である。

【0244】また、対向基板を厚くすることにより、また、前記基板に透明基板あるいは平凹レンズを組み合わせることにより、2次散乱光を防止でき、明るくかつ表示コントラストの良好な画像を表示できる。

【0245】さらに、本発明の投写型表示装置では、反射型もしくは透過型で、かつ高分子分散液晶を用いたライトバルブ装置を採用しているため、高輝度表示を実現でき、また200インチ以上の大画面化にも対応できる。また、R、G、B光のピーク波長に応じてそれぞれの反射防止膜の光学的膜厚を変化させることにより、また光調する光の波長に応じて液晶膜厚を厚く、または/および水滴状液晶の半径粒子径を大きくすれば、ホワイトバランスおよび表示コントラストが良好な画像表示を実現できる。

【図面の簡単な説明】

40 【図1】本発明の液晶投写型テレビの一実施例における構成図

【図2】本発明の他の実施例における液晶投写型テレビの構成図

【図3】本発明のライトバルブ装置の説明図

【図4】本発明のライトバルブ装置の説明図

【図5】本発明のライトバルブ装置の説明図

【図6】本発明のライトバルブ装置の説明図

【図7】本発明のライトバルブ装置の構成図

50 【図8】本発明のライトバルブ装置の他の実施例を示す構成図

(27)

51

【図9】本発明の液晶投写型テレビの他の実施例における構成図

【図10】本発明の液晶投写型テレビの他の実施例における構成図

【図11】本発明の液晶投写型テレビの他の実施例における構成図

【図12】本発明の液晶投写型テレビの他の実施例における構成図

【図13】本発明のライトバルブ装置の一実施例における一部拡大断面図

【図14】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における一部拡大断面図

【図15】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における一部拡大断面図

【図16】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における一部拡大断面図

【図17】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における一部拡大断面図

【図18】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における一部拡大断面図

【図19】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における一部拡大断面図

【図20】本発明のライトバルブ装置の説明図

【図21】本発明のライトバルブ装置の説明図

【図22】ライトバルブ装置の等価回路図

【図23】高分子分散液晶の動作の説明図

【図24】本発明のライトバルブ装置の一実施例における特性図

【図25】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図26】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図27】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図28】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図29】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図30】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図31】本発明のライトバルブ装置の一実施例における特性図

【図32】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図33】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図34】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図35】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

52

【図36】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【図37】本発明のライトバルブ装置の他の実施例における特性図

【符号の説明】

11 投写レンズ

12 UVIRカットフィルタ

13a ランプ

13b 凹面鏡

10 14a、14b、14c ダイクロイックミラー

15a、15b、15c 液晶パネル

16 ミラー

17 光軸

18 スクリーン

19a、19b、19c、20a、20b、20c ライトバルブ装置

31、32 透明基板

33 液晶層

34 微小領域

20 35 入射光線

36 出射面

37、40 散乱光

39 反射光線

51 有効表示領域

52 微小領域

53 光リング

55 無効面

56 反射防止膜

61、141、171、181 対向電極

30 71 光吸収膜

131 アレイ基板

132 対向電極基板

133 オプティカルカップリング剤

134、152 絶縁体

135、151 反射電極

136 接続部

137 TFT

138 対向電極

139、142 反射防止膜

40 140 低誘電体膜

153 遮光膜

191 光吸収膜

201a、201b、201c 入射光線

221 ゲートドライブIC

222 ゲースドライブIC

223 付加コンデンサ

224 液晶

231 入射光線

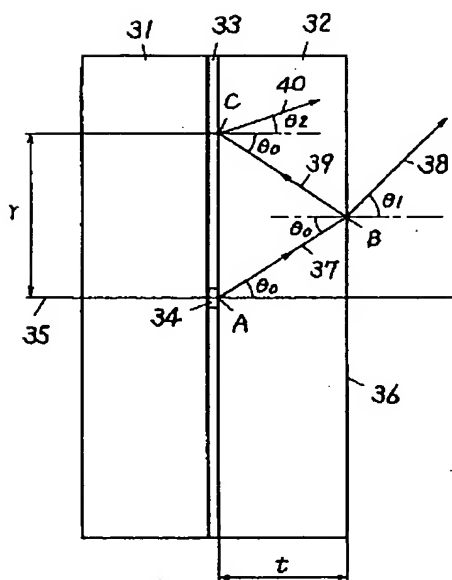
232 水滴状液晶

50 233 ポリマ

(29)

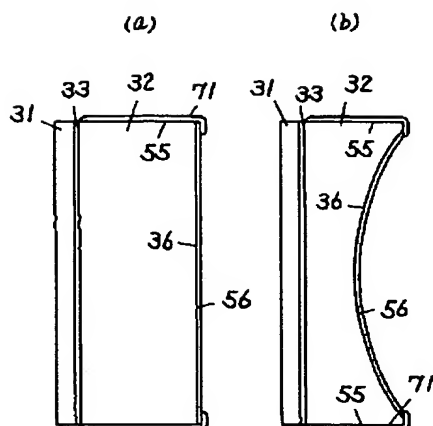
【図3】

- 31, 32 透明基板
 33 液晶層
 34 微小領域
 35 入射光線
 36 出射面
 37, 40 散乱光線
 39 反射光線



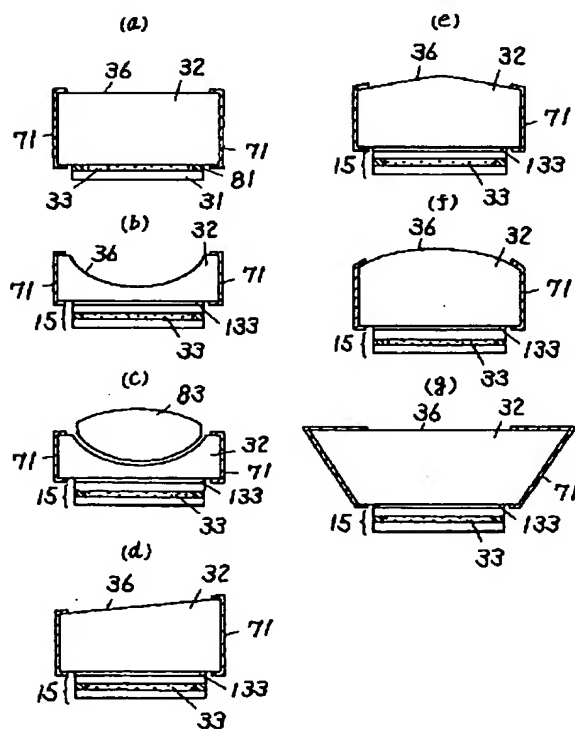
【図7】

- 55 無効面
 56 反射防止膜
 71 光吸収膜



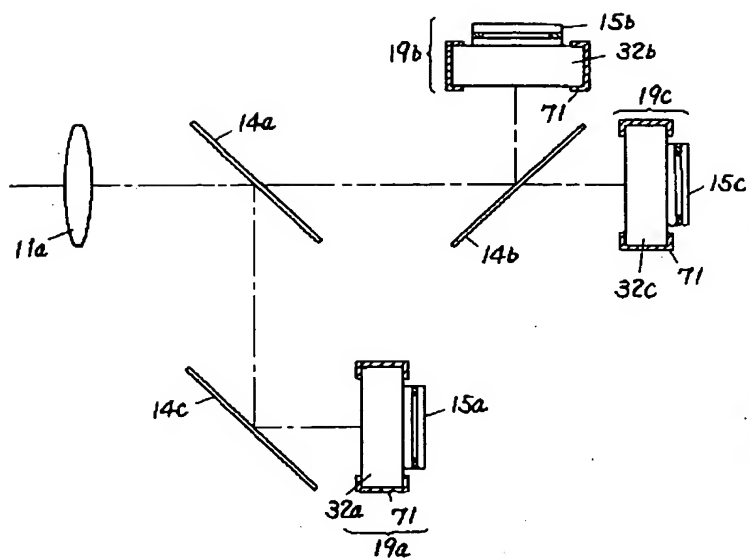
【図8】

133 オプティカルカップリング剤

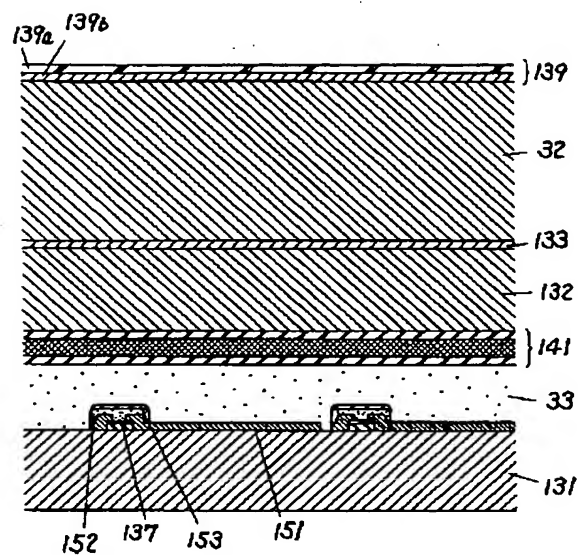


(30)

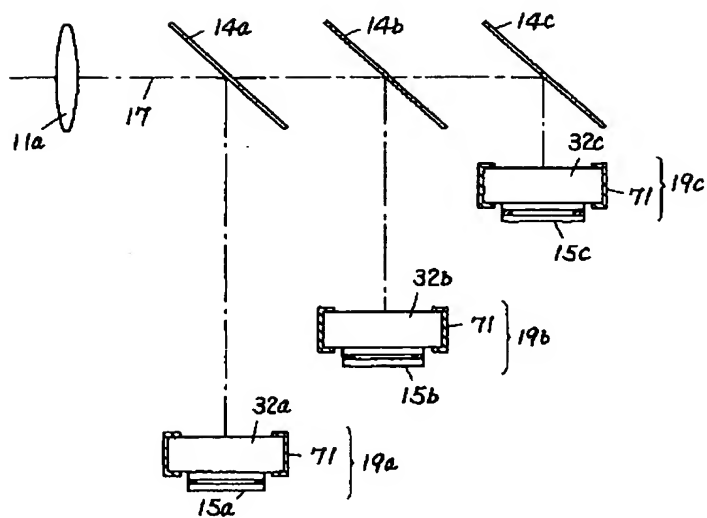
【図9】



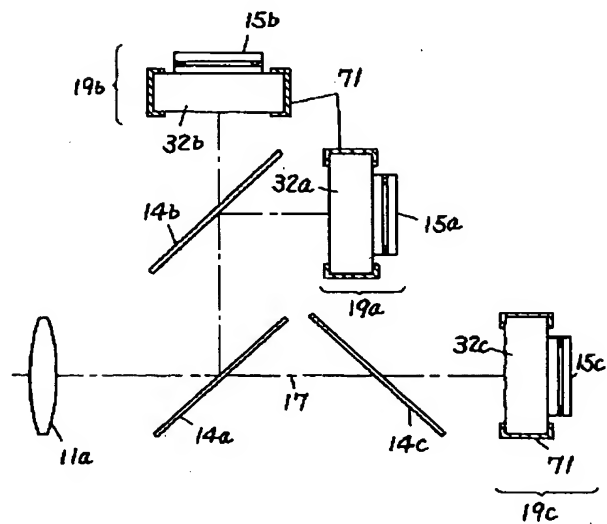
【図15】



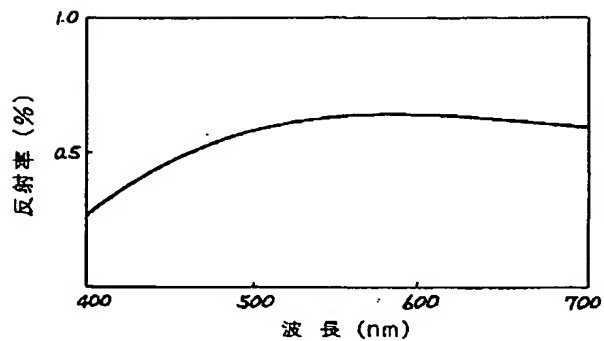
【図10】



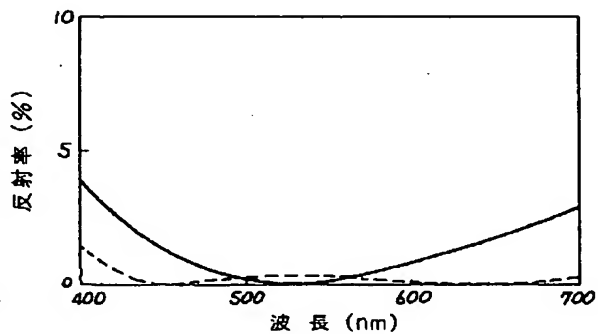
【図11】



【図24】

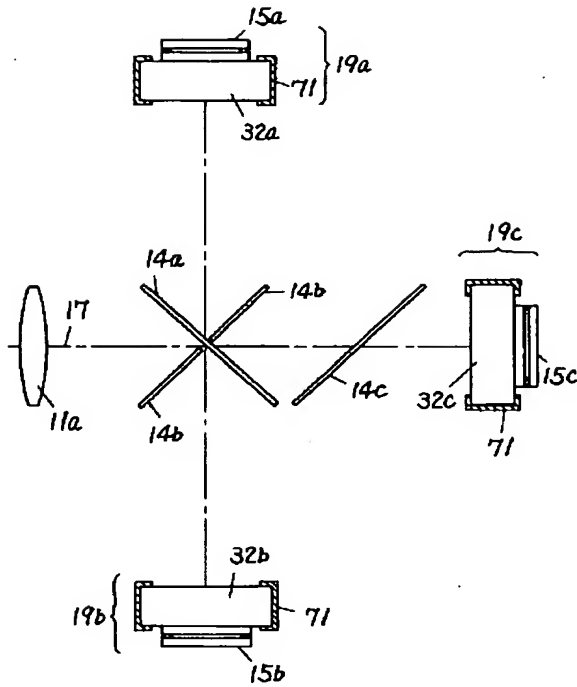


【図25】

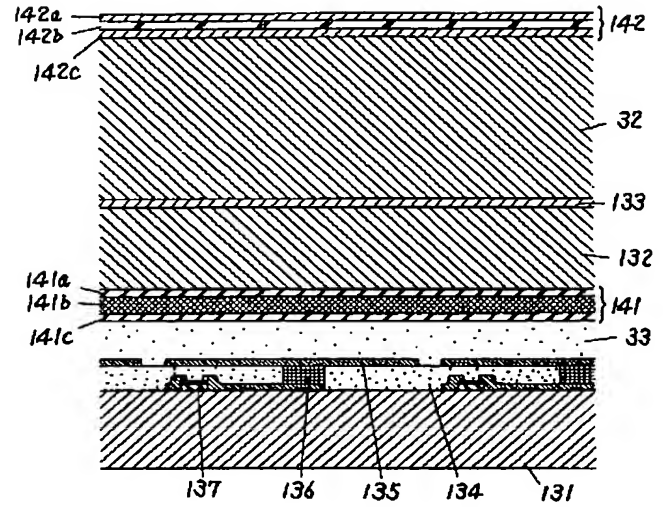


(31)

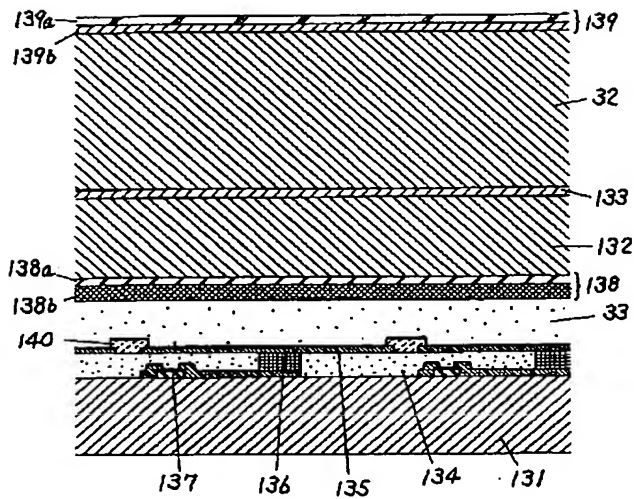
【図12】



【図14】



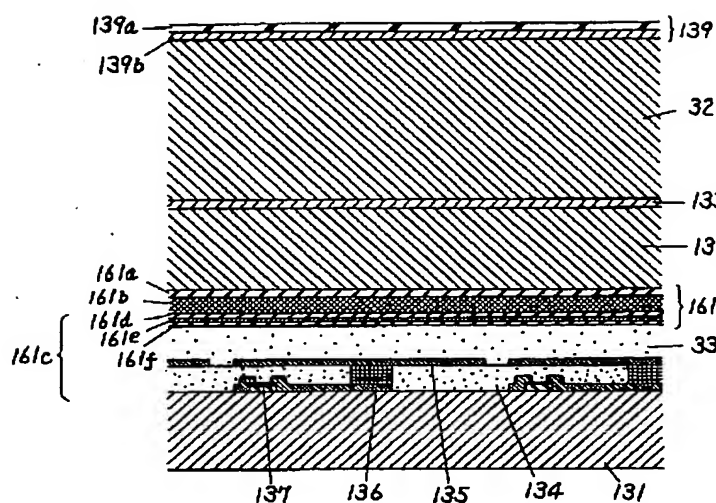
【図13】



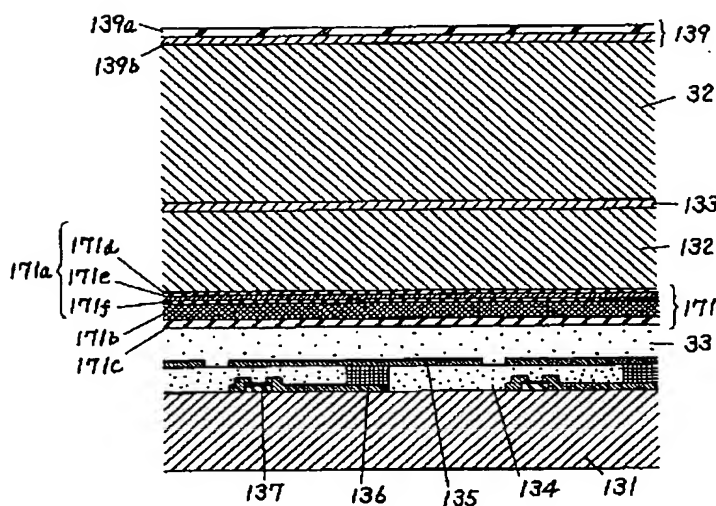
- 131 フレイ基板
- 132 対向電極基板
- 133 オプティカル
カップリング剤
- 134 絶縁膜
- 135 反射電極
- 136 接続部
- 137 TFT
- 138 対向電極
- 139 反射防止膜
- 140 低誘電体膜

(32)

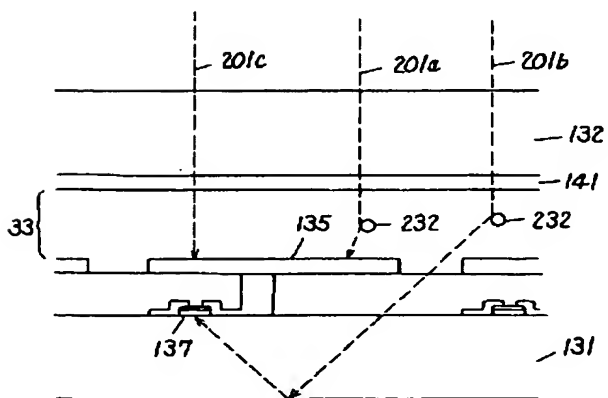
【図16】



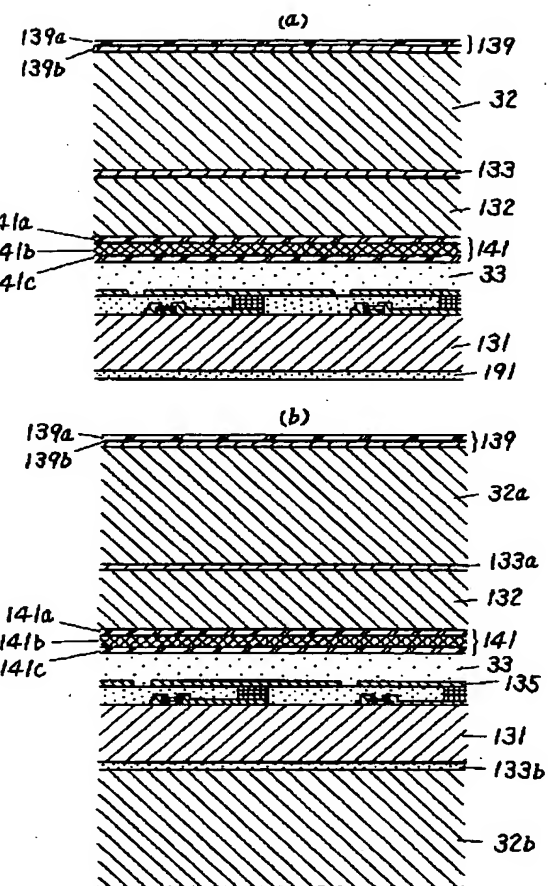
【図17】



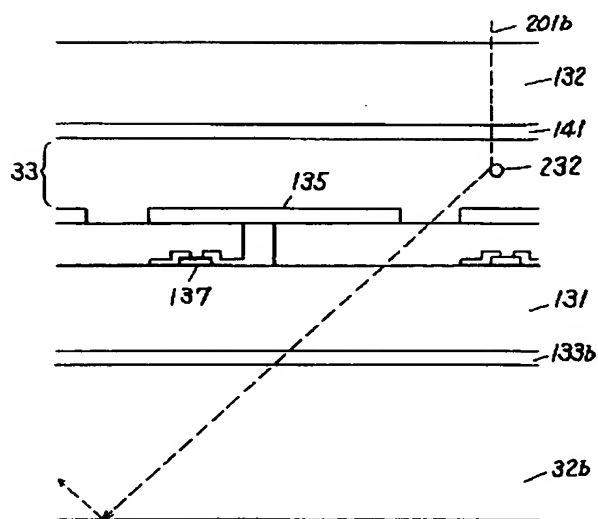
【図20】



【図19】

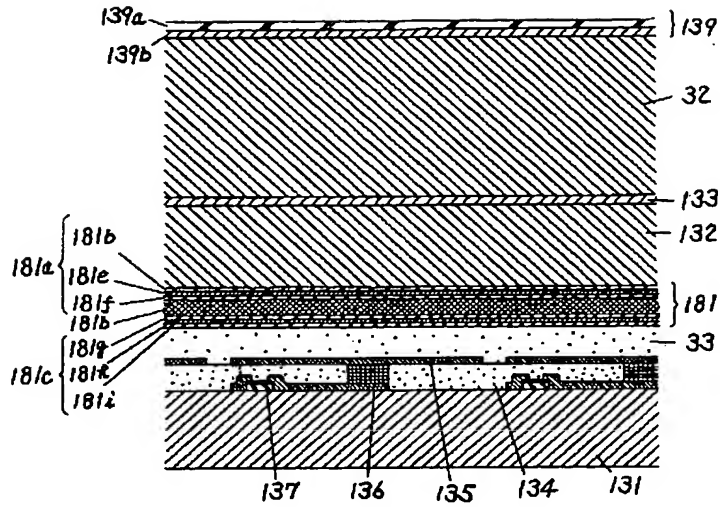


【図21】

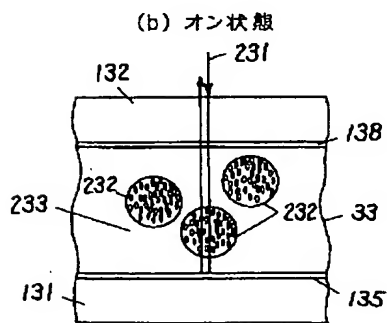
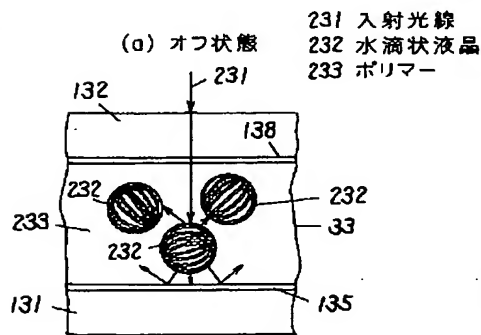


(33)

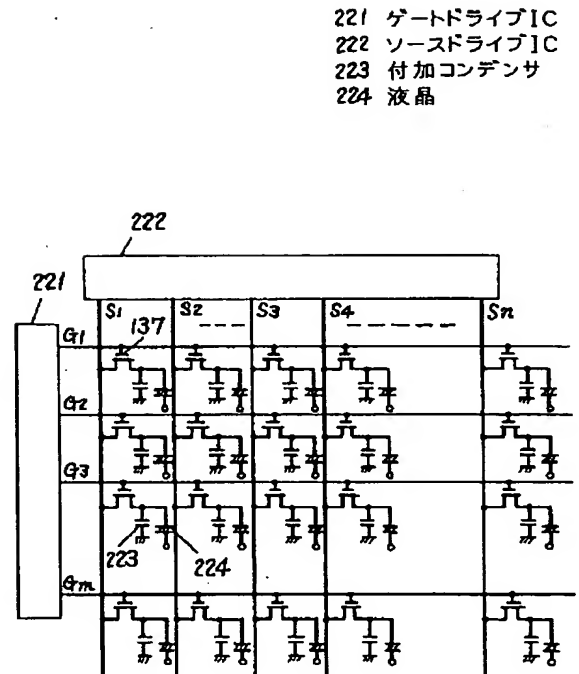
【図18】



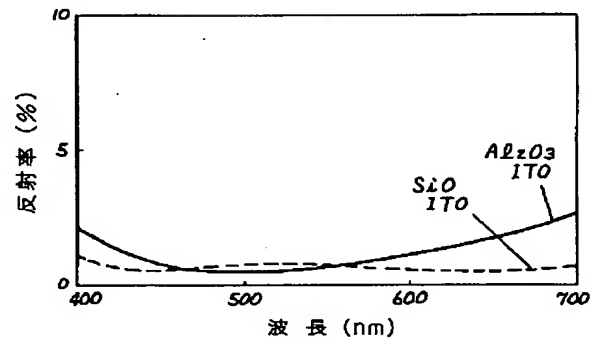
【図23】



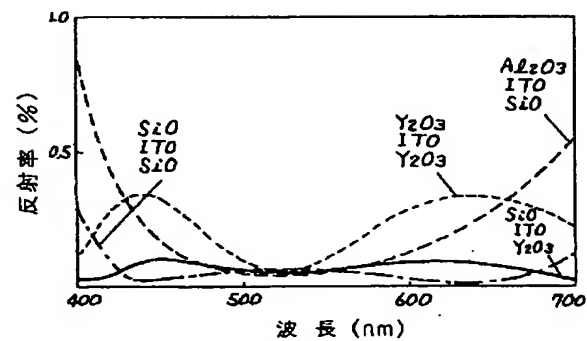
【図22】



【図26】

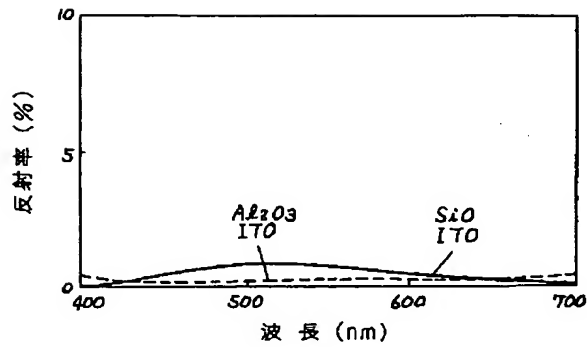


【図27】

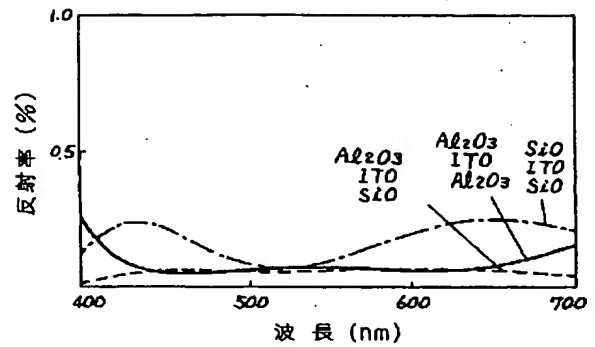


(34)

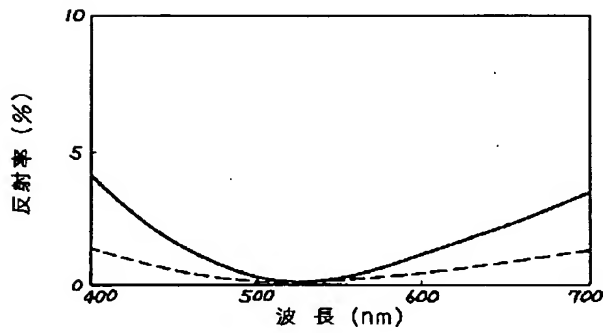
【図28】



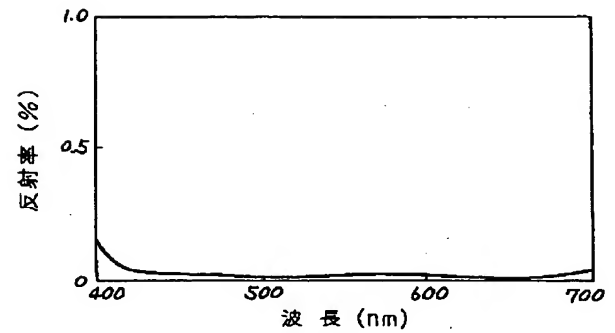
【図29】



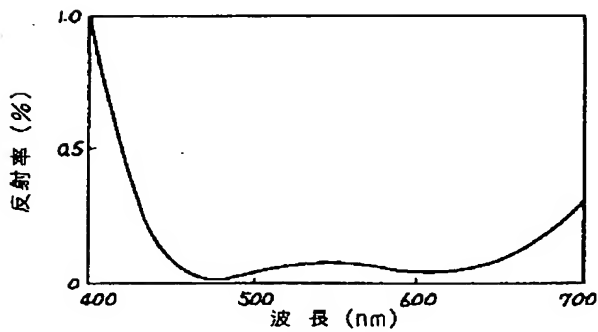
【図30】



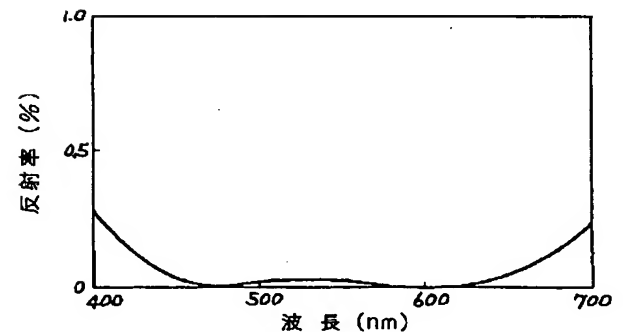
【図31】



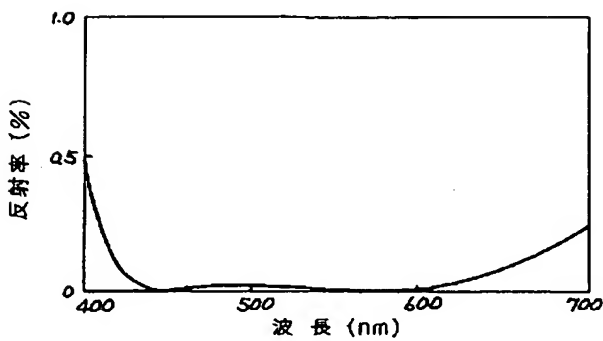
【図32】



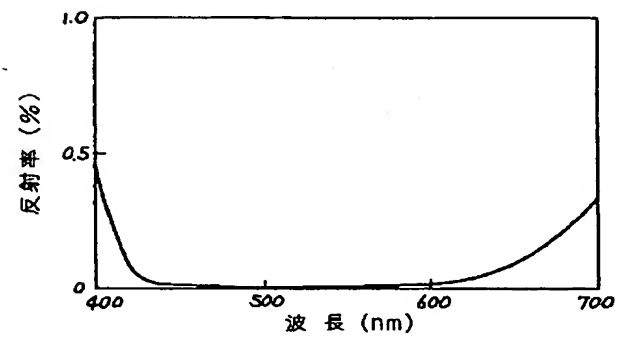
【図33】



【図34】

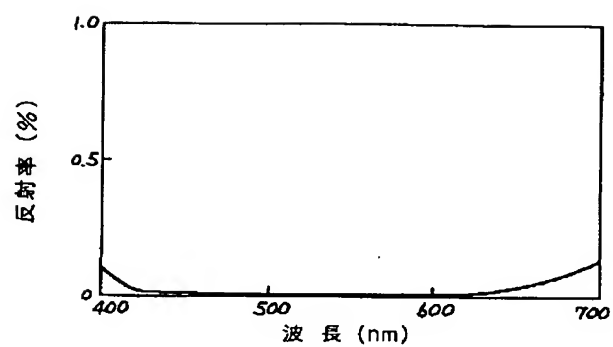


【図35】

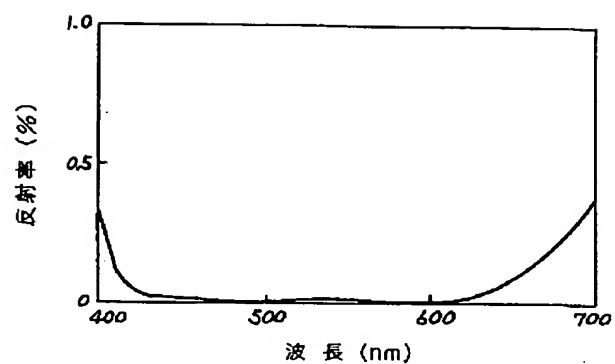


(35)

【図36】



【図37】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵H 0 4 N 9/12
9/31

識別記号

庁内整理番号

B 9187-5C
B 9187-5C

F I

技術表示箇所